

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**A3 DÜZENSİZLİĞİ BULUNAN BİR BİNANIN FARKLI DİLATASYON
YÖNTEMLERİYLE MODELLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Emin Gazi KAŞIKÇI

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Mühendisliği Programı

HAZİRAN 2023

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**A3 DÜZENSİZLİĞİ BULUNAN BİR BİNANIN FARKLI DİLATASYON
YÖNTEMLERİYLE MODELLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Emin Gazi KAŞIKÇI

(501191021)

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Tülay AKSU ÖZKUL

HAZİRAN 2023

İTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 501191021 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Emin Gazi KAŞIKÇI, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “A3 Düzensizliği Bulunan Bir Binanın Farklı Dilatasyon Yöntemleriyle Modellenmesi” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Tülay AKSU ÖZKUL**

İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Turgut ÖZTÜRK**

İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. İrfan COŞKUN

Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **17.05.2023**

Savunma Tarihi : **13.06.2023**





Aileme ve sevdiklerime,



ÖNSÖZ

Tez çalışma sürecimde başta bilgi birikimi ve tecrübelerini esirgemedi yol gösteren hocam Prof. Dr. Tülay AKSU ÖZKUL olmak üzere, lisans ve yüksek lisans eğitimimde katkıları bulunan bütün İ.T.Ü inşaat mühendisliği akademisyenlerine ve üzerimde emekleri bulunan bütün hocalarıma teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Hayatım boyunca maddi manevi desteğini esirgemedi her daim arkamda olan başta eşim Sevtap KAŞIKÇI olmak üzere bütün aileme ve aile dostlarıma teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Her konuda yardımlarını esirgemeyen başta Mustafa Caner ÖZLER ve Şevket TAN olmak üzere bütün dostlarıma ve çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Mayıs 2023

Emin Gazi KAŞIKÇI
(İnşaat Mühendisi)



İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	VII
İÇİNDEKİLER	IX
KISALTMALAR	XIII
SEMBOLLER	XV
ÇİZELGE LİSTESİ.....	XIX
ŞEKİL LİSTESİ.....	XXI
ÖZET.....	XXIII
SUMMARY	XXV
1. GİRİŞ	1
1.1 Amaç	3
1.2 Kapsam.....	3
2. DİLATASYON YÖNTEMLERİ	5
2.1 Çift Kolon Yöntemi.....	6
2.2 Guseli Kiriş Yöntemi.....	7
2.3 Konsol Kiriş Yöntemi	8
2.4 Gerber Kiriş Yöntemi.....	8
3. TBDY-2018'E GÖRE BİNA TASARIM ESASLARI.....	11
3.1 Deprem Yer Hareketi Spektrumları	11
3.1.1 Spektral ivme katsayıları.....	11
3.1.2 Yatay elastik tasarım spektrumu	12
3.1.3 Düşey elastik tasarım spektrumu	13
3.2 Bina Kullanım Sınıfı Ve Bina Önem Katsayısı.....	14
3.3 Deprem Tasarım Sınıfları	14
3.4 Bina Yükseklik Sınıfı	15
3.5 Bina Performans Hedefleri	16
3.6 Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı Ve Dayanım Fazlalığı Katsayısı.....	16
3.7 Deprem Etkisi Ve Yük Birleşimleri	17
3.8 Yapı Modeli Kontrolleri	19

3.8.1	Görelî kat ötelemesi kontrolü	19
3.8.2	İkinci mertebe etkileri	20
3.8.3	Düzensizlik kontrolleri	21
4.	BİNA TASARIMI	25
4.1	Tüm Modeller İçin Genel Tanım	25
4.1.1	Malzemeler	26
4.1.2	Döşeme kalınlığı	26
4.1.3	Yapı sabit yükleri	27
4.1.4	Yapı hareketli yükleri	28
4.1.5	Yapı duvar yükleri	30
4.1.6	Yapı kolon boyutları	30
4.1.7	Deprem yer hareketi spektrumları	32
4.1.8	TBDY-2018'e göre bina analizi	33
4.2	A3 Türü Düzensizlik Bulunan Temel Bina Tasarımı	34
4.2.1	Yapı analiz modeli	36
4.2.2	Görelî kat ötelemesi kontrolü	39
4.2.3	İkinci mertebe etkileri kontrolü	41
4.2.4	A1 burulma düzensizliği kontrolü	45
4.2.5	A2 döşeme süreksizliği kontrolü	46
4.2.6	A3 planda çıkıntılar bulunması kontrolü	46
4.2.7	B1 komşu katlar arası dayanım süreksizliği kontrolü (zayıf kat)	46
4.2.8	B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü (yumuşak kat)	47
4.2.9	B3 taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği kontrolü	49
4.3	Çift Kolon Yöntemi	49
4.4	Guseli Kiriş Yöntemi	51
4.5	Konsol Kiriş Yöntemi	53
4.6	Gerber Kiriş Yöntemi	56
5.	KARŞILAŞTIRMALAR	59
5.1	Binaların Periyotlarının Karşılaştırılması	59
5.2	Binaların Görelî Kat Ötelemelerinin Karşılaştırılması	60
5.3	Binaların Kat Ötelemelerinin Karşılaştırılması	62
5.4	Binaların A1 Burulma Düzensizliklerinin Karşılaştırılması	63
5.5	Binaların B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliklerinin Karşılaştırılması	65
5.6	Binalarda Meydana Gelen İkinci Mertebe Etkilerinin Karşılaştırılması	68

5.7	Kolonlarda Oluşan İç Kuvvetlerin Karşılaştırılması	69
5.7.1	Eksenel kuvvet	69
5.7.2	Kesme kuvveti.....	70
5.7.3	Eğilme momentleri.....	72
5.7.4	Burulma momentleri	73
5.8	Binaların Taban Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması	74
5.9	Binaların Birinci Kat Döşemelerinde Meydana Gelen Düzlem İçi Eksenel Kuvvetlerin Karşılaştırılması	75
6.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	77
	KAYNAKÇA	81
	ÖZGEÇMİŞ.....	83





KISALTMALAR

AFAD	: Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı
M_w	: Deprem Moment Büyüklüğü
kN	: Kilonewton
TBDY	: Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
BKS	: Bina Kullanım Sınıfı
DTS	: Deprem Tasarım Sınıfı
DGT	: Dayanıma Göre Tasarım
BYS	: Bina Yükseklik Sınıfı
DGH	: Dayanıma Göre Tasarım
KH	: Kontrollü Hasar
SH	: Sınırlı Hasar
ETABS	: Extended 3D Analysis of Building Systems
TDTH	: Türkiye Deprem Tehlike Haritası
TS 498	: Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri
TS 500	: Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları



SEMBOLLER

f_{ck}	: Beton Karakteristik Basınç Dayanımı
f_{yd}	: Beton Tasarım Basınç Dayanımı
f_{ctk}	: Beton Karakteristik Çekme Dayanımı
f_{ctd}	: Beton Tasarım Çekme Dayanımı
E_c	: Beton 28 Günlük Elastisite Modülü
G_c	: Beton 28 Günlük Kayma Modülü
k_1	: Beton Basınç Bloğu Katsayısı
μ_c	: Beton Poisson Oranı
ϵ_{cu}	: Beton Ezilme Birim Kısılması
f_{yk}	: Çelik Karakteristik Akma Dayanımı
f_{yd}	: Çelik Tasarım Dayanımı
E_s	: Çelik Elastisite Modülü
μ_s	: Çelik Poisson Oranı (Elastik Bölge)
μ_s	: Çelik Poisson Oranı (Plastik Bölge)
E_{su}	: Çelik Kopma Birim Uzaması
h_f	: Döşeme kalınlığı
L_{sn}	: Döşeme serbest açıklığı
a_{sn}	: Döşeme temiz açıklığı
DD-1	: 50 yılda aşılma olasılığı %2 ve tekrarlanma periyodu 2475 yıl olan yer hareketi düzeyi
DD-2	: 50 yılda aşılma olasılığı %10 ve tekrarlanma periyodu 475 yıl olan yer hareketi düzeyi
DD-3	: 50 yılda aşılma olasılığı %50 ve tekrarlanma periyodu 72 yıl olan yer hareketi düzeyi
DD-4	: 50 yılda aşılma olasılığı %68 ve tekrarlanma periyodu 43 yıl olan yer hareketi düzeyi
F_s	: Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı
F_1	: 1,0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayısı
g	: Yerçekimi ivmesi [$g=9,81m/s^2$]
$S_{ae}(T)$	: Yatay elastik tasarım spektral ivmesi [g]
$S_{aeD}(T)$	: Düşey elastik tasarım spektral ivmesi [g]
S_{Ds}	: Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_{D1}	: 1,0 saniye için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
S_s	: Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
S_1	: 1,0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
T	: Doğal titreşim periyodu [s]
T_A	: Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]
T_{AD}	: Düşey elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]
T_B	: Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]
T_{BD}	: Düşey elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]
T_L	: Yatay elastik tasarım spektrumunda sabit yer değiştirme bölgesine geçiş periyodu [s]
T_{LD}	: Düşey elastik tasarım spektrumunda sabit yer değiştirme bölgesine geçiş periyodu [s]
T_p	: Binanın hâkim doğal titreşim periyodu [s]
$(V_s)_{30}$	: Üst 30 metredeki ortalama kayma dalgası hızı [m/s]
E_d	: Doğrultu birleştirmesi uygulanmış tasarıma esas toplam deprem etkisi
$E_d^{(H)}$	: Doğrultu birleştirmesi uygulanmış tasarıma esas yatay deprem etkisi
$E_d^{(X)}$	: (X) doğrultusundaki depremin etkisi altında tasarıma esas deprem etkisi
$E_d^{(Y)}$	: (Y) doğrultusundaki depremin etkisi altında tasarıma esas deprem etkisi
$E_d^{(Z)}$	: (Z) doğrultusundaki depremin etkisi altında tasarıma esas deprem etkisi
S	: Kar yükü etkisi
H	: Yatay zemin itkisi etkisi
G	: Sabit yük etkisi
Q	: Hareketli yük etkisi
$\Delta_i^{(X)}$	: (X) deprem doğrultusunda herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yer değiştirme farkını ifade eden azaltılmış görelî kat ötelemesi [m]
$(\Delta_i^{(X)})_{ort}$	: (X) deprem doğrultusunda ardışık iki kat arasındaki yer değiştirme farkını ifade eden ortalama azaltılmış görelî kat ötelemesi [m]
δ_i^X	: (X) deprem doğrultusu için, binanın i'inci katındaki kolon veya perdeler için etkin görelî kat ötelemesi [m]
R	: Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
I	: Bina Önem Katsayısı
λ	: Görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılmasında kullanılan ampirik katsayı

κ	: İzin verilen görelî kat ötelemelerinin tanımında betonarme ve çelik taşıyıcı sistemler için farklı olarak kullanılan katsayı
$u_i^{(X)}$	: (X) deprem doğrultusunda herhangi bir kolon veya perde için, i'inci kattaki azaltılmış yer değıştirme [m]
h_i	: Binanın i'inci katının kat yüksekliğı [m]
$\theta_{II,i}^X$	: (X) deprem doğrultusunda her bir i'inci kat için tanımlanan ikinci mertebe gösterge değeri
V_i^X	: (X) deprem doğrultusunda i'inci kattaki azaltılmış kat kesme kuvveti [kN]
$\theta_{\pi,max}^X$	: (X) deprem doğrultusunda tanımlanan maksimum ikinci mertebe gösterge değeri
D	: Dayanım Fazlalığı Katsayısı
C_h	: İkinci mertebe hesabında kullanılan ampirik katsayı
w_k	: k'ıncı kata etkiyen toplam ağırlık
η_{bi}	: i'inci katta tanımlanan Burulma Düzensizliğı Katsayısı
η_{ki}	: i'inci katta tanımlanan Rijitlik Düzensizliğı Katsayısı
$\sum A_e$	: Herhangi bir katta, gözönüne alınan deprem doğrultusunda etkili kesme alanı [m ²]
$\sum A_g$	: Herhangi bir katta, gözönüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanlarının enkesit alanlarının toplamı [m ²]
$\sum A_k$	: Herhangi bir katta, gözönüne alınan deprem doğrultusuna paralel kargir dolgu duvar alanlarının (kapı ve pencere hariç) toplamı [m ²]
$\sum A_w$	: Herhangi bir katta, kolon enkesiti etkin gövde alanlarının toplamı [m ²]



ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 3.1: Bina kullanım sınıfı ve bina önem katsayısı (TBDY-2018).....	14
Çizelge 3.2: Deprem tasarım sınıfları (TBDY-2018).	15
Çizelge 3.3: Bina yükseklik sınıfları (TBDY-2018).....	15
Çizelge 3.4: Bina performans hedefleri (TBDY-2018).....	16
Çizelge 3.5: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve dayanım fazlalığı katsayısı (TBDY-2018).	17
Çizelge 4.1: Döşeme kalınlığı hesabı.....	27
Çizelge 4.2: Sabit yük hesap çizelgesi.	28
Çizelge 4.3: Hareketli yük çizelgesi (TS498, 1987).	29
Çizelge 4.4: Kolon hesap çizelgesi.	31
Çizelge 4.5: Kolon boyutları çizelgesi.	32
Çizelge 4.6: X doğrultusu için görelî kat ötelemesi kontrolü.	40
Çizelge 4.7: Y doğrultusu için görelî kat ötelemesi kontrolü.	40
Çizelge 4.8: X doğrultusu için ikinci mertebe etkileri.	42
Çizelge 4.9: Y doğrultusu için ikinci mertebe etkileri.	43
Çizelge 4.10: X doğrultusu için A1-burulma düzensizliği.....	45
Çizelge 4.11: Y doğrultusu için A1-burulma düzensizliği.....	45
Çizelge 4.12: B1 düzensizliği kontrolü.	47
Çizelge 4.13: X doğrultusu için B2 düzensizliği kontrolü.	48
Çizelge 4.14: Y doğrultusu için B2 düzensizliği kontrolü.	48



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1: Çift kolon yöntemi (Rahim & Thomas, 2020).....	5
Şekil 2.2: Guseli kiriş yöntemi (Rahim & Thomas, 2020).	5
Şekil 2.3: Konsol kiriş yöntemi (Rahim & Thomas, 2020).	6
Şekil 2.4: Gerber kirişi yöntemi (Rahim & Thomas, 2020).....	6
Şekil 2.5: Örnek çift kolon yöntemi.	7
Şekil 2.6: Guseli kiriş ve prekast döşeme.	7
Şekil 2.7: Konsol kiriş ve döşemeler.	8
Şekil 2.8: Gerber kirişi kullanımı.....	9
Şekil 3.1: Yatay elastik tasarım spektrumu.....	12
Şekil 3.2: Düşey elastik tasarım spektrumu.	13
Şekil 3.3: Bir kattaki göreceli kat ötelemeleri (TBDY-2018).	22
Şekil 3.4: A2 türü düzensizlik durumu I (TBDY-2018).	22
Şekil 3.5: A2 türü düzensizlik durumu II (TBDY-2018).....	22
Şekil 3.6: A2 türü düzensizlik durumu III (TBDY-2018).....	23
Şekil 3.7: A3 türü düzensizlikler (TBDY-2018).....	23
Şekil 3.8: B3 türü süreksizlikler (TBDY-2018).....	24
Şekil 4.1: A binası konumu (https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml).	25
Şekil 4.2: Tüm binalar için yatay elastik tasarım spektrumu.	33
Şekil 4.3: Tüm binalar için düşey elastik tasarım spektrumu.	33
Şekil 4.4: Temel bina kat planı.	35
Şekil 4.5: Kolon yerleşim planı.....	35
Şekil 4.6: 3 boyutlu modelin yandan görünüşü.....	36
Şekil 4.7: 3 boyutlu modelin önden görünüşü.	37
Şekil 4.8: Kat planı.....	37
Şekil 4.9: Modelin A-A kesiti.	38
Şekil 4.10: Modelin D-D kesiti.	38
Şekil 4.11: Modelin 4-4 kesiti.....	39
Şekil 4.12: Temel bina kenar uzunlukları.	46
Şekil 4.13: A1 ve A2 binaları yerleşim planı.....	49
Şekil 4.14: Çift kolon yapı planı.	50

Şekil 4.15: Kolon kiriş etkileşimi.....	50
Şekil 4.16: Guseli kiriş binası plan görüntüsü.	52
Şekil 4.17: Guseli kiriş binası kiriş-kolon birleşimi.....	52
Şekil 4.18: A1 ve A2 binaları yerleşim planı.	54
Şekil 4.19: Konsol kiriş binası plan görüntüsü.	54
Şekil 4.20: Konsol kiriş binası kiriş-kolon birleşimi.....	55
Şekil 4.21: Gerber kirişi binası plan görüntüsü.....	57
Şekil 4.22: Gerber kirişi binası kolon-kiriş birleşimi.....	57
Şekil 5.1: X doğrultusunda bina periyodu.....	59
Şekil 5.2: Y doğrultusunda bina periyodu.....	60
Şekil 5.3: X doğrultusunda görelî kat ötelemesi.	61
Şekil 5.4: Y doğrultusunda görelî kat ötelemesi.	61
Şekil 5.5: X doğrultusunda toplam kat ötelemesi.	62
Şekil 5.6: Y doğrultusunda toplam kat ötelemesi.	63
Şekil 5.7: X doğrultusunda A1 burulma düzensizliği.	64
Şekil 5.8: Y doğrultusunda A1 burulma düzensizliği.	64
Şekil 5.9: X doğrultusunda B2 düzensizliği.....	66
Şekil 5.10: Y doğrultusunda B2 düzensizliği.....	67
Şekil 5.11: X doğrultusunda ikinci mertebe etkileri.	68
Şekil 5.12: Y doğrultusunda ikinci mertebe etkileri.	69
Şekil 5.13: Eksenel kuvvet (kN).	70
Şekil 5.14: X doğrultusunda kesme kuvveti (kN).	71
Şekil 5.15: Y doğrultusunda kesme kuvveti (kN).	71
Şekil 5.16: X doğrultusunda moment (kNm).	72
Şekil 5.17: Y doğrultusunda moment (kNm).	73
Şekil 5.18: Burulma momenti (kNm).....	74
Şekil 5.19: Taban kesme kuvveti (kN).	75
Şekil 5.20: X doğrultusunda düzlem içi eksenel kuvvetler (kN).	76
Şekil 5.21: Y doğrultusunda düzlem içi eksenel kuvvetler (kN).	76

A3 DÜZENSİZLİĞİ BULUNAN BİR BİNANIN FARKLI DİLATASYON YÖNTEMLERİYLE MODELLENMESİ

ÖZET

Yer kabuğunda ortaya çıkan enerjinin sismik dalgalar ile yeryüzünde oluşturduğu sarsıntılara deprem denir. Depremler tüm canlıların yaşamını olumsuz etkileyebilmektedir. Depremler önüne geçilemeyen bir doğa olayı olmasına karşın deprem sonucu oluşan can ve mal kaybı en aza indirilebilmektedir.

Depremler sonucu oluşan yıkıcı etkinin temel sebebi binalardır. Bu yüzden deprem sonucu oluşan etkileri azaltmanın ilk adımı inşa edilecek olan yapıların tasarımının uygunluğudur. Bina tasarlarken karşılaşılabilecek birtakım düzensizlik durumları mevcuttur. Bu düzensizlik durumları dikkate alınarak tasarım yapılması gerekmektedir. Bu tezde A3 türü düzensizliği bulunan bir binanın farklı dilatasyon yöntemleri ile tasarımı ve bu yöntemler arasındaki farklılıklar incelenmektedir.

Bu tez çalışması altı bölümden oluşmaktadır.

İlk bölümde tez hakkında kısaca bilgilendirmeler yapılmakta ve tezin amacı ile kapsamına değinilmektedir. Giriş kısmı tezin ilk bölümünü oluşturmaktadır.

İkinci bölümde bu tezde kullanılan dilatasyon yöntemlerinden bahsedilmektedir. Bu yöntemler: Çift kolon yöntemi, guseli kiriş yöntemi, konsol kiriş yöntemi ve gerber kiriş yöntemi. Bu yöntemler hakkında bilgilere yer verilmiş ve uygulamada nasıl kullanıldıklarına değinilmektedir.

Üçüncü bölümde Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018)'de yer alan bina tasarım esaslarına, deprem hesaplamalarına, düzensizlik durumlarına ve tasarımda dikkat edilmesi gereken kontrollere yer verilmektedir.

Dördüncü bölümde teze konu olan tüm yapılar için genel bilgilere yer verilmektedir. Genel bilgilerin içinde yapıda kullanılan malzemeler, yapıya etkileyen yükler, kolon boyutları, kiriş boyutları ve yapıya etkileyen deprem etkisi hesabı yer almaktadır. Bunlara ek olarak TBDY-2018'e göre A3 türü düzensizliği bulunan yapı (Temel bina) tasarımına yer verilmektedir. Çift kolon yöntemiyle oluşan bina (Çift kolon binası), guseli kiriş yöntemiyle oluşan bina (Guseli kiriş binası), konsol kiriş yöntemiyle oluşan bina (Konsol kiriş binası) ve gerber kiriş yöntemiyle oluşan bina (Gerber kiriş binası) hakkında bilgiler bu bölümde yer almaktadır.

Beşinci bölümde modelleme yapılan beş bina için analiz sonuçlarına yer verilmektedir. Bu bölümde temel bina, guseli kiriş binası, gerber kiriş binası, çift kolon A1 binası, çift kolon A2 binası, konsol kiriş A1 binası ve konsol kiriş A2 binası karşılaştırılmaktadır. Çift kolon ve konsol kiriş binaları birbirinden bağımsız yapılardan meydana geldiği için ayrı ayrı isimlendirilmiş ve karşılaştırmalara ayrı ayrı dahil edilmiştir. İlk olarak binaların periyotları sütun grafikler ullanılarak karşılaştırılmıştır. Periyot değerlerine paralel olarak hareket eden toplam kat

ötelemeleri ve görelî kat ötelemeleri çizgi grafiklerle karşılaştırılmıştır. A1 burulma düzensizlikleri, B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizlikleri, ikinci mertebe etkileri sütun grafiklerle karşılaştırılmıştır. Binaların düzensizlik bulunan kısımlarında yer alan kolonlarda oluşan iç kuvvetler incelenmiştir. Bu karşılaştırmalarda binaların en alt katta bulunan kolonları baz alınmıştır. çünkü en fazla yük bu kolonlara gelmektedir. Bu kolonlara etkiyen eksenel kuvvetler, kesme kuvvetleri, eğilme momentleri ve burulma momentleri karşılaştırılmıştır. Tüm binaların taban kesme kuvvetleri verilmiş ve bu binaların düzensizlik bulunan kısımlarında yer alan birince kat döşemelerinde meydana gelen düzlem içi eksenel kuvvetler karşılaştırılmıştır.

Altıncı bölümde yapılan karşılaştırmalar sonucu elde edilen veriler değerlendirilmektedir. Bu değerlendirmeler sonucunda çift kolon yöntemi hem düzensizliği ortadan kaldırmakta hem de analiz sonuçlarına göre daha iyi değerler vermektedir. Diğer dilatasyon yöntemlerinde A3 türü düzensizliğin ortadan kaldırıldığı görülmekte ama temel bina analiz sonuçlarının çokta uzağında değerler elde edilmediği görülmektedir.



MODELING OF A BUILDING HAVE A3 IRREGULARITY WITH DIFFERENT DILATATION METHODS

SUMMARY

The tremors created by the energy emerging in the earth's crust with seismic waves on the earth are called earthquakes. Earthquakes can negatively affect the life of all living things. Although earthquakes are an unavoidable natural phenomenon, the loss of life and property resulting from earthquakes can be minimized.

The main cause of the destructive effect resulting from earthquakes is buildings. Therefore, the first step in reducing the effects of earthquakes is the suitability of the design of the structures to be built. There are some irregularities that can be encountered while designing a building. It is necessary to design by taking these irregularities into account. In this thesis, the design of a building with type A3 irregularity with different dilatation methods and the differences between these methods are examined.

This thesis consists of six chapters.

In the first part, brief information about the thesis is given and the scope of the thesis is mentioned. The introduction is the first part of the thesis.

In the second part, the dilatation methods used in this thesis are mentioned. These methods are: the double column method, which creates structures that can move independently by adding extra columns to the irregular part, the console beam method, which is obtained by adding corbel to the beams in the irregular part and placing the precast slabs on these corbels, and the cantilever beam method by using cantilever beams and slabs in the part where the irregularity is concentrated and the gerber beam method, in which both cantilever beams and gerber beams resting on these consoles are used. In the console beam method and the gerber beam method, while the irregularity is eliminated, structures that can move completely independently of each other are not formed. Structures are formed that are connected to each other by connecting elements that can transfer horizontal and vertical loads but do not transfer moments. The double column method and the cantilever beam method, on the other hand, eliminate the irregularity and create structures that are independent of each other. In the second part, detailed information about these methods is given and sample section plans are shown on how these methods are used in practice.

In the third chapter, building design principles in the Turkish Building Earthquake Code (TBDY-2018) are discussed. Earthquake ground motion spectra are given according to the location and soil type of our building. There are spectral acceleration coefficients, horizontal elastic design spectra and vertical elastic design spectra. Building usage class, building importance coefficient, earthquake design classes, building height class, building performance targets, structural system behavior coefficient, excess strength coefficient, earthquake effect, load combinations and

building model controls are given and how to find them in accordance with the regulation is shown. Relative story drift and how to control second order effects are mentioned. A1 torsion irregularity, A2 slab discontinuity, A3 plan irregularity, B1 strength irregularity between adjacent floors, B2 stiffness irregularity between adjacent floors and B3 the discontinuity of vertical elements of the structural system occur and how they are calculated.

In the fourth chapter, general information is given for all the buildings that are the subject of the thesis. C35/45 concrete class, B420C construction steel is used in our buildings, and the floor thickness is calculated as 12 cm. Building fixed loads, building live loads, building wall loads, column dimensions, beam dimensions are given in this section. In addition, according to TBDY-2018, the design of the structure with A3 type irregularity is included step by step. Spectral acceleration coefficients, horizontal elastic design spectra, vertical elastic design spectra, building usage class, building importance coefficient, earthquake design classes, building height class, building performance targets, structural system behavior coefficient and excess strength coefficient are calculated for all our buildings in this section. First, the building, called the basic building, was modeled according to the design principles and the necessary controls were made for this building. It has been determined that there is an A3 irregularity in this building. In order to eliminate the A3 irregularity, 4 different dilatation methods were applied to the basic building. First, the double column method was applied and the basic building was divided into three separate buildings. These buildings are called double column buildings. The new model that emerged when the console beam method was applied is called the console beam building. When the cantilever beam method is applied, 3 different buildings emerge. These buildings are called cantilever beam buildings. The building that emerges after the gerber beam method is applied is called the gerber beam building.

In the fifth chapter, the analysis results for the five buildings modeled are given. In this section, the base building, the console beam building, the gerber beam building, the double column A1 building, the double column A2 building, the cantilever beam A1 building and the cantilever beam A2 building are compared. Since double column and cantilever beam buildings are independent from each other, they are named separately and included in the comparisons separately. First, the periods of the buildings were compared using column charts. Total story offsets and relative story offsets moving parallel to the period values are compared with line graphs. A1 torsional irregularities, B2 stiffness irregularities between adjacent stories, second order effects are compared with bar graphs. The internal forces formed in the columns in the irregular parts of the buildings were examined. These comparisons are based on the columns on the lowest floor of the buildings. Because the most load is on these columns. Axial forces, shear forces, bending moments and torsion moments acting on these columns are compared. The base shear forces of all buildings are given and the in-plane axial forces occurring in the first floor slabs in the irregular parts of these buildings are compared.

In the sixth chapter, the data obtained as a result of the comparisons are evaluated. The periods of the buildings in the X direction were examined and it was seen that the lowest period value belonged to the double column A2 and cantilever beam A2 building. The highest period value was seen in double column A1 and cantilever beam A1 building. Console beam and gerber beam buildings also have higher period values than the foundation building and A2 buildings, and lower period values than A1 buildings. When the building periods in the Y direction are examined, it is seen that

the lowest period value is in the double column A1 building and then in the cantilever beam A1 building. It is seen that the highest period values are in the double column A2 and cantilever beam A2 building.

The total storey drifts of the buildings were examined and a situation parallel to both the period values and the relative storey drifts was observed. As the stiffness of the buildings decreased, the maximum displacement value at the top floor increased.

When the stiffness irregularity values between the B2 adjacent floors of the buildings are examined, it is seen that the values are very close to each other. The reason for this is that the load-bearing system, column, beam and floor dimensions of all buildings are the same.

When the axial loads acting on the columns in the dilatation zone of the first floor of the buildings, on the C axis, are examined, it is seen that the double column building is exposed to less axial load while the other 4 buildings are exposed to almost the same axial load values.

When the shear forces, bending moments and torsion moments acting on the columns in the dilatation zone of the first floor of the buildings, on the C axis, are examined, the lowest values in both the X direction and the Y direction are obtained for the double column building.

When the base shear forces of the buildings are examined, it is seen that the base shear force of the double column and cantilever beam building is very low compared to other buildings. The double column and cantilever beam building consists of 3 different structures. When the base shear forces of these structures are added, values close to other buildings are obtained. As a result, the base shear forces of all buildings are close to each other.

When the in-plane axial forces acting on the floors between the B and C axes on the first floor of the buildings are examined, low values are obtained for all buildings. Among the dilatation methods, the lowest values are seen in the double column building formed as a result of the double column method.

When all the data obtained for the dilatation methods are compared, the double column method gives the most efficient result. The double column method is recommended in terms of applicability, designability, usability and efficiency.



1. GİRİŞ

İnsan hayatını etkileyen en önemli faktörlerden biri meydana gelen afetlerdir. Afetler insanların gündelik yaşantısını etkileyecek fiziksel, ekonomik ve sosyoekonomik problemler ortaya çıkarabilmektedir. Bir olayı afet olarak adlandırmak için kitlesel can ve mal kaybı veya yaşanan çevreye büyük zararlar veren sonuçlar meydana gelmesi gerekmektedir. Afetler doğal ve beşerî afetler olmak üzere ikiye ayrılmaktadırlar. Beşerî afetler insanların doğaya müdahalesi sonucu gerçekleşen ve genellikle kaza sonucu meydana gelen afetlerdir. Örnek olarak orman yangınları, endüstriyel kazalar, maden kazaları ve kimyasal silahlar gösterilebilir. Doğal afetler ise doğada meydana gelen gündelik davranışlarından kaynaklanmaktadır. Sel, heyelan, çığ ve depremler örnek olarak gösterilebilir. Doğal afetlerin sonuçları çok ağır olabilmektedir. Doğal afetler doğa kaynaklı oluşurlar ama sonuçlarının ağır olmasının sebebi çoğu zaman yine insan unsurundan kaynaklanmaktadır. Dere yatağına müdahale ve düzensiz yapılaşma insan faaliyetlerine örnek olarak gösterilebilir (Elnashai & Di Sarno, 2008).

En önemli doğal afetlerden biri depremdir. Depremler yer kabuğunun en üst katmanında bulunan fay hatlarının yapmış olduğu hareketlerden meydana gelmektedir. Taş kürede bulunan kayaların gerilme ve sıkışma gibi sebeplerle kırılması sonucu fay hatları oluşur. Depremler ise fay hatlarında meydana gelen ani basınç değişimi sonucu oluşan sismik dalgalara denir. Bu sismik dalgalar, deprem dalgaları, ses dalgalarına benzer şekilde hareket ederler. Yerkürede hareket eden bu dalgalar depremi meydana getirmektedir.

Depremlerde oluşan hasarlar ikiye ayrılmaktadır. Yapısal hasarlar ve yapısal olmayan hasarlar. Yapısal hasarlar binanın taşıyıcı sisteminde meydana gelen ve binanın yıkılmasına kadar giden hasarlardır. Yapısal olmayan hasarlar ise binanın elektrik, mekanik ve tesisat sistemlerinde oluşan hasarlardır (ATC, 1978).

Depremın etkisini hesaplamak için deprem gücü terimi kullanılmaktadır. Deprem gücü iki farklı şekilde ölçülür. Bunlardan biri depremin şiddeti, diğeri ise depremin büyüklüğüdür. Deprem şiddeti depremin yeryüzüne yaptığı etki olarak tanımlanır. Deprem büyüklüğü ise deprem sırasında ortaya çıkan enerjinin ölçülmesiyle elde edilir. Deprem büyüklüğünü hesaplamak için Richter Ölçeğı kullanılır.

Depremin şiddeti birçok faktöre göre değışiklik göstermektedir. Binaların mimari tasarımı, çerçeve sistemi, ağırlıkları, rijitlikleri, taşıyıcı eleman boyutları gibi birçok özelliğı depremin şiddetini etkileyen faktörlerdir. Depreme bölgelerdeki en iyi bina tasarımı, basit, simetrik, kare ve çok uzun olmayan yapı tasarımlarıdır. Bina planı düzensiz şekle sahip ise, yapının bir kısmı ana binadan ayrılmalı veya bina genişletilmelidir ve bu şekilde binanın depremde ağır hasar görmemesi sağlanmalıdır (Nugroho, 2016).

Binalar depremlerde en çok zarar gören ve insan yaşamına en fazla zarar veren yapılardır. Depremin etkilerini azaltmak için depreme dayanıklı ve gerekli yönetmeliklere uygun binalar inşa edilmesi gerekmektedir. Deprem tasarım yöntemleri ve yönetmelikler düzenli yapılar baz alınarak hazırlanmıştır ancak depremlerin düzenli yapılardan çok düzensiz yapılarda hasara yol açtığı görülmüştür. Düzenli yapılarda deprem etkisi yapıda düzenli bir şekilde yayılım gösterirken düzensiz yapılarda ise düzensizliğin olduğu kısımlarda yoğunlaşabilmektedir. Sonuç olarak da bu kısımlarda ani kırılmalar meydana gelebilmektedir.

TBDY-2018'e göre düzensizlikler 2 gruba ayrılmıştır. Bunlar planda ve düşeyde düzensizlik durumlarıdır. Planda düzensizlik durumları da kendi içinde üçe ayrılır. Bunlar burulma, döşeme ve planda çıkıntı bulunması düzensizlikleridir. Aynı şekilde düşeyde düzensizlik durumları da kendi içinde üçe ayrılır. Bunlar komşu katlar arası dayanım düzensizliğı, komşu katlar arası rijitlik düzensizliğı ve taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliğı durumlarıdır.

Okul, otel ve iş merkezi gibi yapılarda U, L, T ve H tipinde tasarımlar bolca görülmektedir. Bunun sebebi hem toplanma alanlarını içermek, ışıklandırmayı sağlamak ve oyun alanlarını barındırmaktır. Bu yapılar kullanım açısından kolaylık sağlamasına rağmen deprem yönünden büyük zayıflıklar taşımaktadırlar (Divyashree & Siddappa, 2014).

Planda çıkıntılar bulunmasından kaynaklı düzensizlikleri gidermek ve yapıyı düzenli hale getirmek için farklı yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlere örnek olarak düzensizlik bölgelerinde çift kolon kullanımı, guseli kiriş kullanımı, konsol kiriş kullanımı ve gerber kiriş kullanımı gösterilebilmektedir (Rahim & Thomas, 2020).

1.1 Amaç

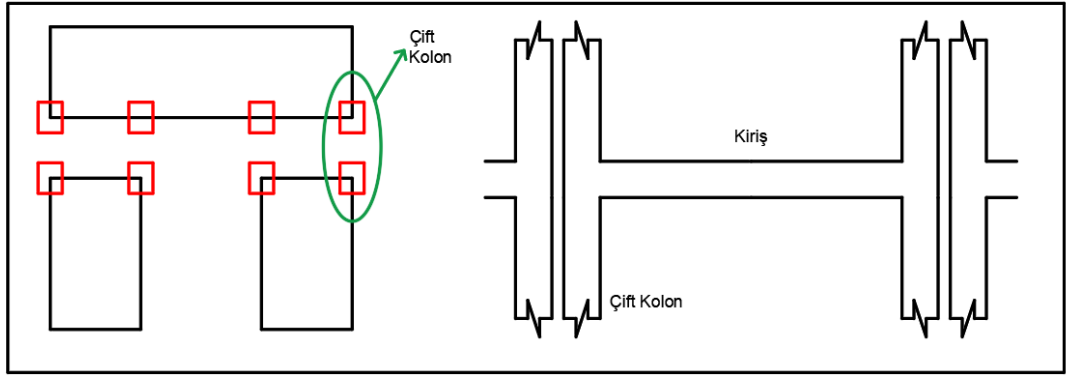
Bu yüksek lisans tezinde betonarme iş yeri tasarımı ve bu tasarımın düzensizlik kontrolleri yapılmıştır. Bu tezin amacı planda çıkıntı düzensizliği bulunan yapıların dilatasyon yöntemleriyle düzensizliklerinin ortadan kaldırılması ve farklı yöntemlerin karşılaştırılmasıdır. Bu amaca yönelik olarak öncelikle yapı çözülmüş ve düzensizlik olduğu görülmüştür. Daha sonra 4 farklı dilatasyon yöntemi yapıya uygulanmış ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

1.2 Kapsam

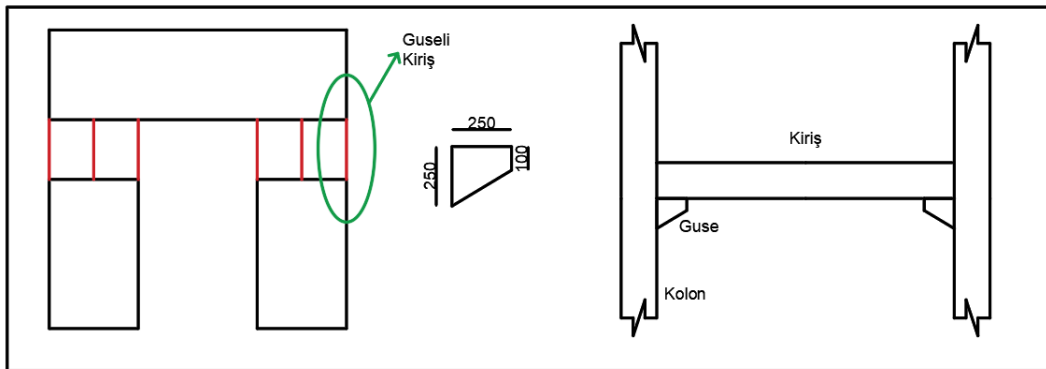
Bu tez kapsamında depremin yapıya etkilerinden ve düzensizliği bulunan yapıların depremlerde daha fazla hasar gördüğünden bahsedilmiştir. Buna uygun olarak düzensizliklerin ortadan kaldırılması amaçlanmıştır. Öncelikle planda çıkıntı düzensizliği bulunan bir yapı seçilmiş ve TBDY 2018'e göre modellenmiştir. Yapı üzerinde gerekli kontroller yapılmış ve planda çıkıntı düzensizliği olduğu gösterilmiştir. Düzensizliği gidermek amacıyla dilatasyon yöntemleri uygulanması gerekmektedir. Bu sebeple öncelikle dilatasyon yöntemlerinden bahsedilmiş ve daha sonra bu yöntemler modele uygulanmıştır. Her model için yer değiştirmeler, göreceli kat ötelemeleri, taban basınçları gibi önemli değerler elde edilmiş ve bu değerler karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak dilatasyon yöntemlerinin birbirinden farkları ve yapıya etkileri belirlenmiştir.

2. DİLATASYON YÖNTEMLERİ

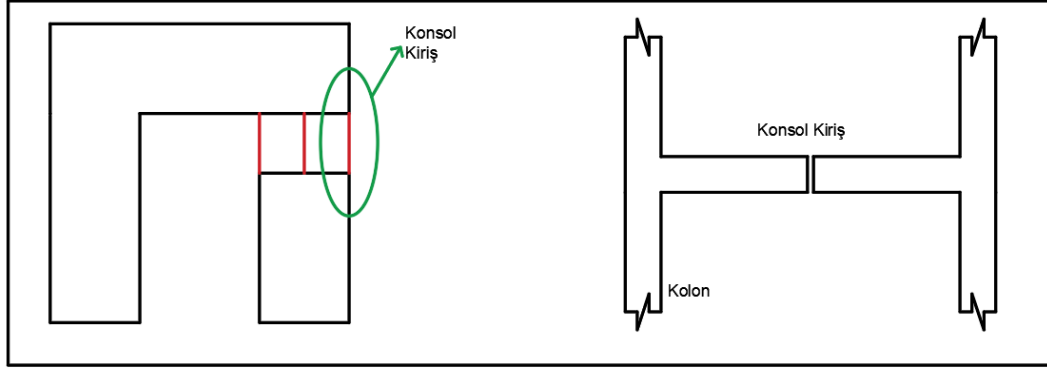
Depremler sonucunda oluşan hasarların temel sebeplerinden biri düzensizliklerdir. Bu binaların düzensizliğini ortadan kaldırmak için dilatasyon yöntemleri uygulanmaktadır. Bu yöntemler; Şekil 2.1’de gösterilen ve kesişim noktalarına ekstra kolonlar eklenerek oluşturulan çift kolon yöntemi, Şekil 2.2’de gösterilen ve kolonlardaki guselere oturtulan kirişlerin oluşturduğu guseli kiriş yöntemi, Şekil 2.3’de gösterilen ve konsol kirişlerin kullanıldığı konsol kiriş yöntemi ve Şekil 2.4’te gösterilen, bağlantı elemanı olarak gerber kirişlerinin kullanıldığı gerber kirişi yöntemidir(Rahim & Thomas, 2020).



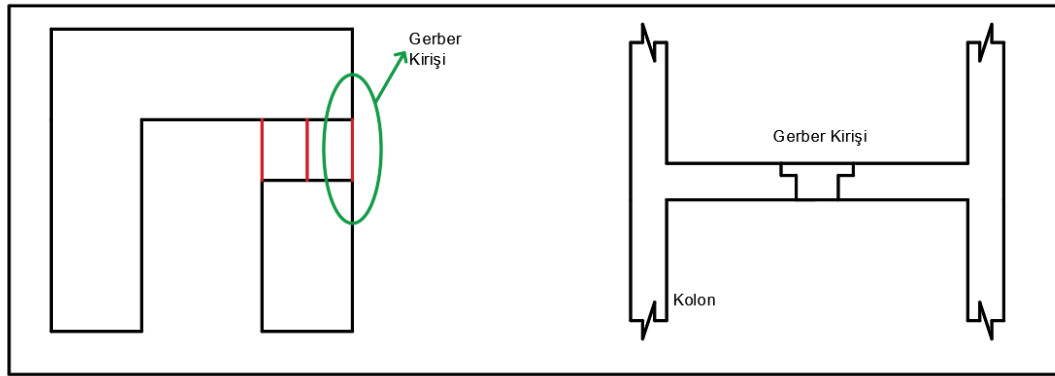
Şekil 2.1: Çift kolon yöntemi (Rahim & Thomas, 2020).



Şekil 2.2: Guseli kiriş yöntemi (Rahim & Thomas, 2020).



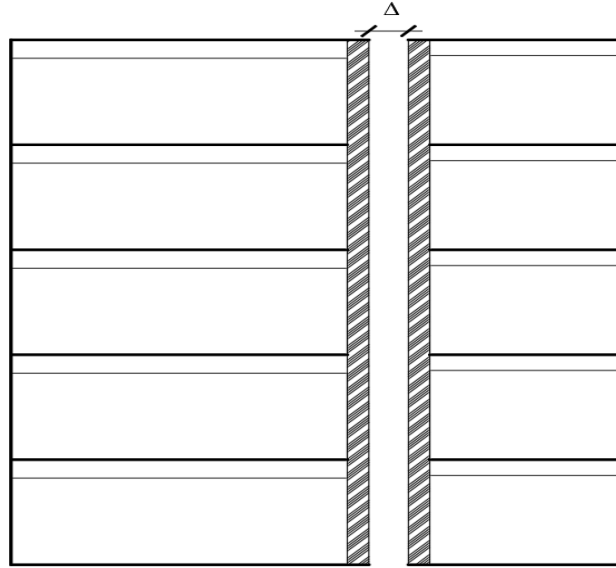
Şekil 2.3: Konsol kiriş yöntemi (Rahim & Thomas, 2020).



Şekil 2.4: Gerber kiriş yöntemi (Rahim & Thomas, 2020).

2.1 Çift Kolon Yöntemi

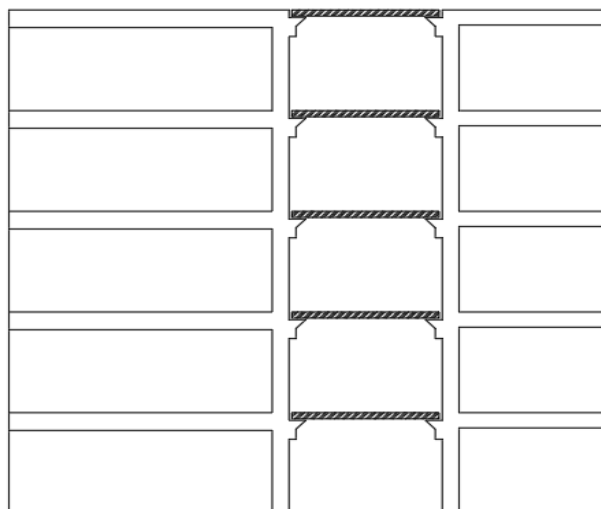
Çift kolon yöntemi A3 türü düzensizliği ortadan kaldırmak için en sık kullanılan yöntemdir. Düzensizliği ortadan kaldırmak için tek bir bina, kesişim noktalarına ekstra kolonlar eklenerek 2 binaya ayrılmaktadır. Bu işlem sonucunda aynı veya ayrı temele oturabilen, deprem esnasında birbirinden bağımsız hareket edebilen ve kullanım kolaylığı açısından tek bir yapı gibi kullanılabilen binalar meydana gelmektedir. Bu tür binalarda çift kolonlar arasında bırakılacak boşluk mesafesi büyük önem arz etmektedir. Bu boşluk mesafesi iki binanın deprem esnasında yapacağı en büyük yer değiştirme değerlerine göre hesaplanmaktadır. En büyük yer değiştirmeler binaların en üst katında meydana gelmektedir. Bu yer değiştirmeler toplanmaktadır ve kolonlar arasındaki boşluk mesafesinin (Δ) toplam değerden büyük olması gerekmektedir. Şekil 2.5’de örnek çift kolon yöntemi gösterilmiştir.



Şekil 2.5: Örnek çift kolon yöntemi.

2.2 Guseli Kiriş Yöntemi

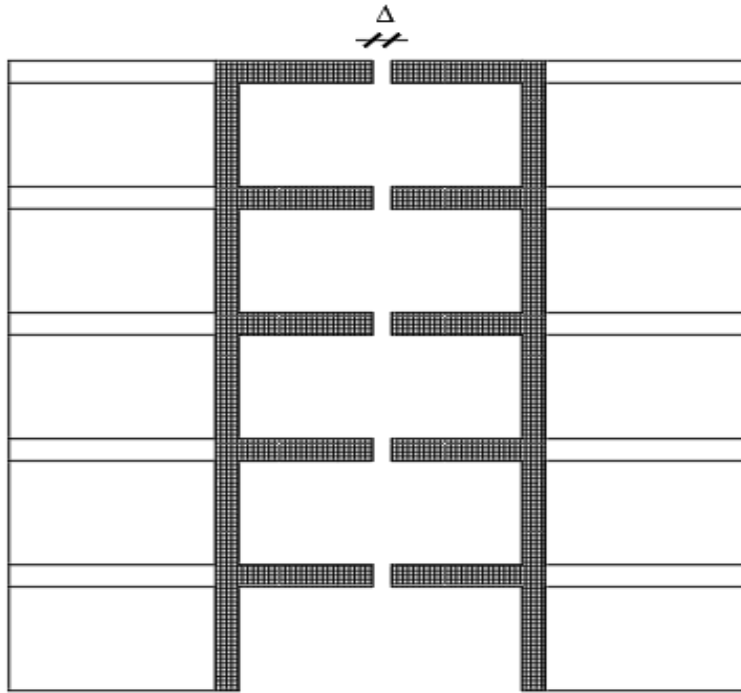
Guseli kiriş yöntemi A3 türü düzensizlik bulunan yapılarda düzensizliği gidermek için uygulanabilecek yöntemlerden biridir. Bu yöntemde guseli kirişler ve prekast döşemeler kullanılır. Kolonların guselerine oturan kirişler düşey ve yatay yükleri binalara aktarırken, iki bina arasındaki moment aktarımını kesmektedir. Böylelikle deprem esnasında eksenel kuvvetler binalar arasında aktarılırken, oluşan momentler aktarılmamaktadır. Guseli kirişlerin ve prekast döşemelerin kullanımına örnek olarak Şekil 2.6 gösterilmiştir.



Şekil 2.6: Guseli giriş ve prekast döşeme.

2.3 Konsol Kiriş Yöntemi

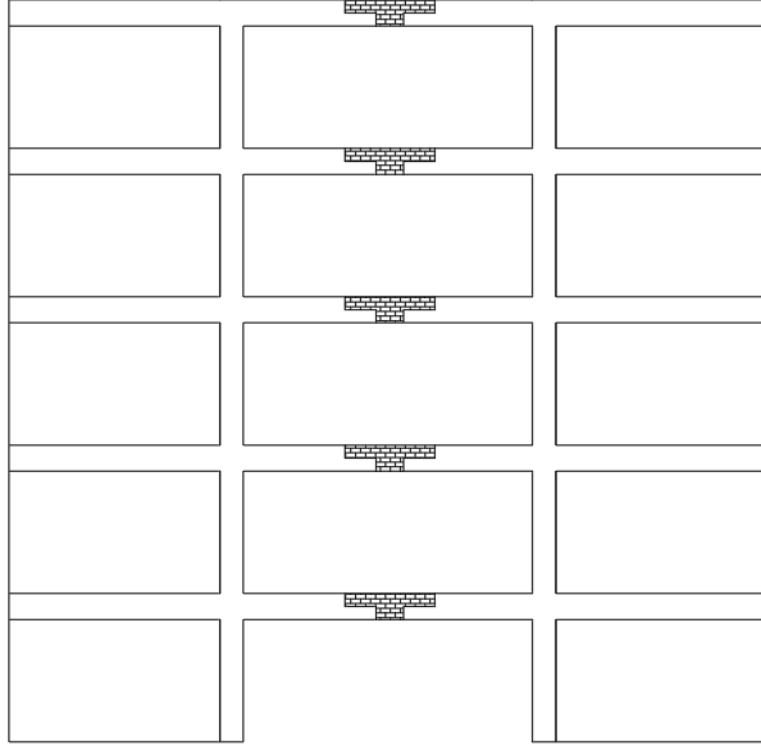
Konsol kiriş yöntemi, içinde konsol kiriş ve döşemelerin olduğu bir yöntemdir. İki kolonu birbirine bağlayan kirişlerin yerine konsol kirişler kullanılmıştır. Aynı zamanda döşemeler de konsol olarak kullanılmıştır. Bu sayede A3 türü düzensizliği bulunan bina iki ayrı parçaya ayrılmış ve A3 türü düzensizlik ortadan kaldırılmıştır. Konsol kiriş yönteminde çift kolon yönteminde olduğu gibi binalar arasındaki mesafenin ne kadar olduğu önem arz etmektedir. Binalar arası mesafenin (Δ), en üst katlarda meydana gelen yer değiştirme miktarlarının toplamından daha fazla olması gerekmektedir. Konsol kiriş yönteminin kullanımı örnek olarak Şekil 2.7’de gösterilmiştir.



Şekil 2.7: Konsol kiriş ve döşemeler.

2.4 Gerber Kirişi Yöntemi

Gerber kirişi yöntemi konsol kirişlerden ve konsol kirişleri birbirine bağlayan prekast bir kirişten oluşmaktadır. Konsol kiriş yönteminde olduğu gibi konsol kirişler ve döşemeler kullanılmıştır. Kullanılan bu konsollar ise gerber kirişi ile birbirine bağlanmaktadır. Gerber kirişleri, binalar arasında eksenel yükleri aktarırken momentleri aktarmamaktadır. Guseli kirişlerle benzer bir çalışma sistemine sahiptir. Örnek gerber kirişi yöntemi Şekil 2.8’de gösterilmiştir.



Şekil 2.8: Gerber kirişi kullanımı

.



3. TBDY-2018'E GÖRE BİNA TASARIM ESASLARI

Türkiye’de binalar 2018 yılında yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği esaslarına göre tasarlanmaktadır.

3.1 Deprem Yer Hareketi Spektrumları

Dört farklı deprem yer hareketi düzeyi Türkiye Deprem Tehlike Haritaları ile tanımlanmıştır. TBDY-2018’e göre yer hareketi düzeyleri DD-1, DD-2, DD-3 ve DD-4 olarak adlandırılmaktadır. DD-1 50 yılda aşılma olasılığı %2 ve tekrarlanma periyodu 2475 yıl olan yer hareketi düzeyidir. Değerlendirilen en büyük yer hareketi DD-1’dir. DD-2 50 yılda aşılma olasılığı %10 ve tekrarlanma periyodu 475 yıl olan yer hareketi düzeyidir. DD-3 50 yılda aşılma olasılığı %50 ve tekrarlanma periyodu 72 yıl olan yer hareketi düzeyidir. DD-4 50 yılda aşılma olasılığı %68 ve tekrarlanma periyodu 43 yıl olan yer hareketi düzeyidir. Aynı zamanda en sık yer hareketi düzeyi DD-4’tür. Tasarımda AFAD Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması üzerinden elde edilen DD-2 deprem düzeyi dikkate alınır. Diğer deprem düzeyleri bazı kontrollerde yardımcı deprem düzeyleri olarak ele alınır. (<https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml>)

3.1.1 Spektral ivme katsayıları

TBDY-2018’e göre, “Birbirine dik iki yatay doğrultudaki deprem etkilerinin geometrik ortalamasına karşı gelen harita spektral ivme katsayıları, belirli bir deprem yer hareketi düzeyi için referans zemin koşulu [(VS)30 =760 m/s] esas alınarak %5 sönüm oranı için harita spektral ivmelerinin yerçekimi ivmesine bölünmesi ile boyutsuz katsayılar olarak tanımlanmıştır” (s. 7).

Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı S_s ve 1,0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı S_1 olarak adlandırılmıştır. S_s ve S_1 tasarım spektral ivme katsayılarına dönüştürülür ve S_{DS} ve S_{D1} olarak adlandırılır.

$$S_{DS}=S_s \cdot F_s \quad (3.1a)$$

$$S_{D1}=S_1 \cdot F_1 \quad (3.1b)$$

F_S kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı F_1 ise 1,0 saniye periyot için yerel zemin etki sayısını ifade etmektedir. F_S ve F_1 zemin sınıfına ve spektral ivme katsayılarına göre hesaplanmaktadır.

3.1.2 Yatay elastik tasarım spektrumu

TBDY 2018'e göre yatay elastik tasarım ivme spektrumunun ordinatları olan yatay elastik tasarım spektral ivmeleri $S_{ae}(T)$ doğal titreşim periyoduna ve kısa periyot spektral ivme katsayısına bağlı olarak değişmektedir. Bu değişim bağıntıları denklem 3.1c, 3.1d, 3.1e ve 3.1f'de gösterilmiştir.

$$S_{ae}(T) = (0.4 + 0.6 \cdot (T/T_A)) \cdot S_{DS} \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (3.1c)$$

$$S_{ae}(T) = S_{DS} \quad (T_A \leq T \leq T_B) \quad (3.1d)$$

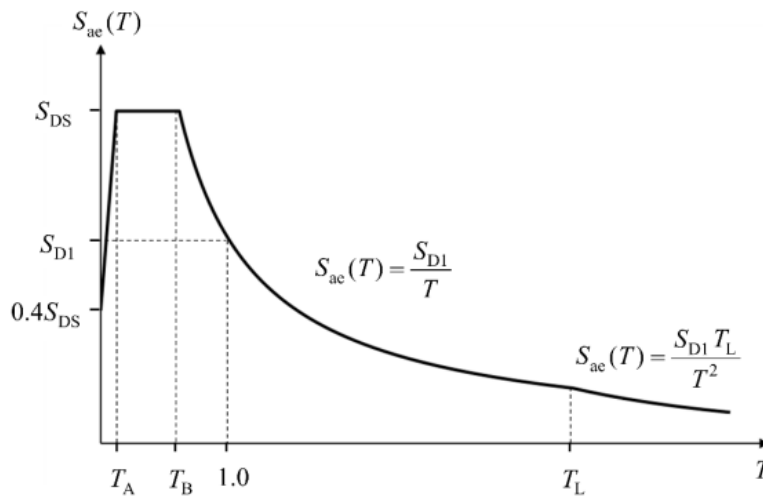
$$S_{ae}(T) = S_1/T \quad (T_B \leq T \leq T_L) \quad (3.1e)$$

$$S_{ae}(T) = (S_1 \cdot T_L) / T^2 \quad (T_L \leq T) \quad (3.1f)$$

T doğal titreşim periyodunu ifade etmektedir. T_A ve T_B ise S_{DS} ve S_{D1} e bağlı olarak elde edilir ve yatay tasarım spektrumu köşe periyotları olarak adlandırılırlar. T_L ise sabit yer değiştirme periyoduna geçiş periyodudur ve 6sn olarak ele alınır (TBDY, 2018).

$$T_A = 0.2 \cdot S_{DS} / S_{D1} \quad ; \quad T_B = S_{D1} / S_{DS} \quad (3.1g)$$

TBDY 2018'e göre yatay elastik tasarım ivme spektrumunun grafiksel olarak görünümü Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1: Yatay elastik tasarım spektrumu.

3.1.3 Düşey elastik tasarım spektrumu

TBDY-2018'e göre, düşey elastik tasarım spektrumu, yatay elastik tasarım spektrumunda olduğu gibi doğal titreşim periyoduna ve kısa periyot spektral ivme katsayısına göre değişim göstermektedir. Bu değişimler Denklem (3.1h), (3.1i) ve (3.1j)'de gösterilmiştir.

$$S_{aeD}(T) = (0.32+0.48*(T/T_{AD})) * S_{DS} \quad (0 \leq T \leq T_{AD}) \quad (3.1h)$$

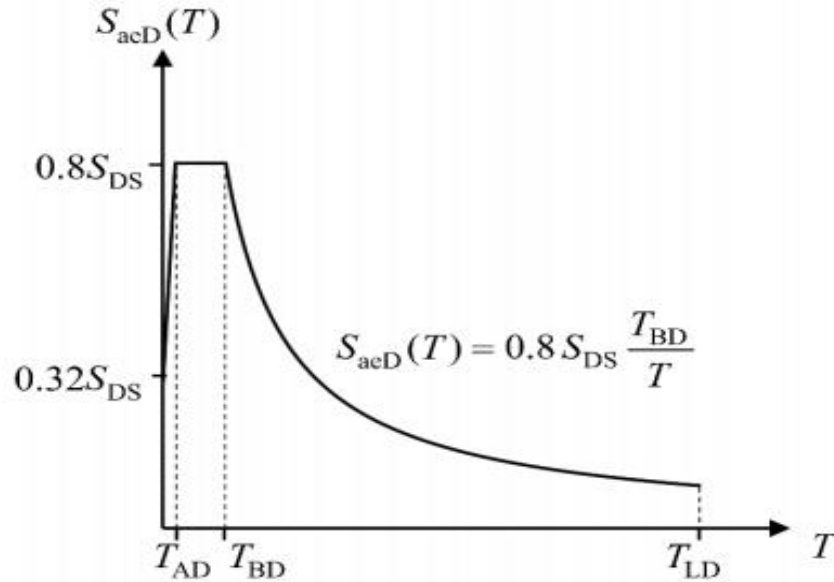
$$S_{aeD}(T) = 0.8 S_{DS} \quad (T_{AD} \leq T \leq T_{BD}) \quad (3.1i)$$

$$S_{aeD}(T) = 0.8 S_{DS} * (T_{BD}/T) \quad (T_{BD} \leq T \leq T_{LD}) \quad (3.1j)$$

$S_{aeD}(T)$ düşey elastik tasarım spektral ivmesini ifade ederken T_{AD} ve T_{BD} köşe periyodunu, T_{LD} ise sabit yer değiştirme periyoduna geçiş periyodunu ifade etmektedir. T_{AD} , T_{BD} ve T_{LD} periyotları yatay elastik tasarım spektrumunda bulunan T_A , T_B ve T_L periyotlarına bağlı olarak elde edilmektedir. Bu bağıntılar denklem 3.1k'de gösterilmiştir.

$$T_{AD} = T_A/3 \quad ; \quad T_{BD} = T_B/3 \quad ; \quad T_{LD} = T_L/2 \quad (3.1k)$$

TBDY-2018'e göre düşey elastik tasarım ivme spektrumunun grafiksel olarak görünümü Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2: Düşey elastik tasarım spektrumu.

3.2 Bina Kullanım Sınıfı Ve Bina Önem Katsayısı

TBDY-2018'e göre, bina kullanım amacına göre bina kullanım sınıfı ve bina önem katsayısı değerleri elde edilmektedir. Bina kullanım sınıfı ve önem katsayısı Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1: Bina kullanım sınıfı ve bina önem katsayısı (TBDY-2018).

Bina Kullanım Sınıfı	Binanın Kullanım Amacı	Bina Önem Katsayısı (I)
BKS=1	Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyanın saklandığı binalar ve tehlikeli madde içeren binalar a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) b) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. c) Müzeler d) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1,5
BKS=2	İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Alışveriş merkezleri, spor tesisleri, sinema, tiyatro, konser salonları, ibadethaneler, vb.	1,2
BKS=3	Diğer binalar BKS=1 ve BKS=2 için verilen tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.)	1

3.3 Deprem Tasarım Sınıfları

TBDY-2018'e göre, deprem tasarım sınıfı DD-2 yer hareketi düzeyine, kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısına ve bina kullanım sınıfına göre tayin edilmektedir. Deprem tasarım sınıfı değerleri Çizelge 3.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2: Deprem tasarım sınıfları (TBDY-2018).

DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyinde Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı (S_{DS})	Bina Kullanım Sınıfı	
	BKS=1	BKS=2, 3
$SDS < 0.33$	DTS= 4a	DTS= 4
$0.33 < SDS \leq 0.50$	DTS= 3a	DTS= 3
$0.50 < SDS \leq 0.75$	DTS= 2a	DTS= 2
$0.75 \leq SDS$	DTS= 1a	DTS= 1

3.4 Bina Yükseklik Sınıfı

TBDY-2018'e göre, bina yükseklik sınıfı deprem tasarım sınıfına ve bina yüksekliğine bağlı olarak değişmektedir. Bina yükseklik sınıfı değerleri Çizelge 3.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 3.3: Bina yükseklik sınıfları (TBDY-2018).

Bina Yükseklik Sınıfı	Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları [m]		
	DTS= 1, 1a, 2, 2a	DTS= 3, 3a	DTS= 4, 4a
BYS=1	$HN > 70$	$HN > 91$	$HN > 105$
BYS=2	$56 < HN \leq 70$	$70 < HN \leq 91$	$91 < HN \leq 105$
BYS=3	$42 < HN \leq 56$	$56 < HN \leq 70$	$56 < HN \leq 91$
BYS=4	$28 < HN \leq 42$	$42 < H_N \leq 56$	
BYS=5	$17.5 < HN \leq 28$	$28 < H_N \leq 42$	
BYS=6	$10.5 < HN \leq 17.5$	$17.5 < H_N \leq 28$	
BYS=7	$7 < HN \leq 10.5$	$10.5 < H_N \leq 17.5$	
BYS=8	$HN \leq 7$	$HN \leq 10.5$	

3.5 Bina Performans Hedefleri

TBDY-2018'e göre, yeni yapılacak binaların performans hedefleri ve tasarım yaklaşımları belirlenmiştir. Bunlar deprem tasarım sınıfına ve bina yükseklik sınıfına göre belirlenmektedir. Yeni yapılacak yerinde dökme betonarme binalar için performans hedefi ve tasarım yaklaşımı Çizelge 3.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 3.4: Bina performans hedefleri (TBDY-2018).

Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DTS= 1, 1a, 2, 2a, 3, 3a, 4, 4a		DTS=1a ,2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-3	—	—	SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT	KH	DGT
DD-1	—	—	KH	ŞGDT

3.6 Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı Ve Dayanım Fazlalığı Katsayısı

TBY-2018'e göre, binalar taşıyıcı sistem türüne ve bina yükseklik sınıfına bağlı olarak, farklı taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve dayanım fazlalığı katsayısı değerleri alabilmektedir. Bu katsayılar TBDY-2018'de gerekli kriterlere göre belirlenmiştir. Yerinde dökme betonarme binalar için, bu katsayıların hesabı Çizelge 3.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 3.5: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve dayanım fazlalığı katsayısı (TBDY-2018).

Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R	Dayanım Fazlalığı Katsayısı D	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları BYS
A. YERİNDE DÖKME BETONARME BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
A1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
A11. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar	8	3	$BYS \geq 3$
A12. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdelerle karşılandığı binalar	7	2,5	$BYS \geq 2$
A13. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar	6	2,5	$BYS \geq 2$
A14. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	8	2,5	$BYS \geq 2$
A15. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	7	2,5	$BYS \geq 2$
A16. Deprem etkilerinin tamamının çatı düzeyindeki bağlantıları mafsallı olan ve yüksekliği 12 m'yi geçmeyen <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme kolonlar tarafından karşılandığı tek katlı binalar	3	2	—

3.7 Deprem Etkisi Ve Yük Birleşimleri

TBDY 2018 ile birlikte hem düşey hem de yatay spektrum, yük birleşimlerinde göz önüne alınmaktadır. Basınca çalışan yük kombinasyonu Denklem (3.7a)'da, çekmeye çalışan yük kombinasyonu ise Denklem (3.7b)'de gösterilmiştir.

$$G+Q+0.2S+E_d^{(H)}+0.3E_d^{(Z)} \quad (3.7a)$$

$$0.9G+H+E_d^{(H)}-0.3E_d^{(Z)} \quad (3.7b)$$

Denklem 2.4a ve 2.4b’de yer alan, G sabit yükleri, Q hareketli yükleri, S kar yükünü, H yatay zemin itkisini, $E_d^{(H)}$ yatay deprem etkisini ve son olarak $E_d^{(Z)}$ ise düşey deprem etkisini ifade etmektedir.

$E_d^{(Z)}$ düşey deprem etkisi TBDY 2018’de iki farklı şekilde ele alınabilmektedir. Birincisi düşey spektrum verilerini kullanmak, ikincisi ise Denklem (3.7c)’ye göre hesaplama yaparak kullanmaktır.

$$E_d^{(Z)} = (2/3)S_{DS}*G \quad (3.7c)$$

TBDY-2018’e göre denklem 2.4.c’yi kullanabilmek için gerekli şartlar bulunmaktadır; açıklıklarının yataydaki izdüşümü 20m’den daha az olan kirişleri içeren binalar, açıklıklarının yataydaki izdüşümü 5m’den daha az olan konsol kiriş içeren binalar, kirişlere oturan kolon içermeyen binalar ve kolonları düşeye göre eğimli olmayan kolonlar. Bu şartları sağlayan binalar için düşey deprem etkisi iki farklı yöntemle de hesaplanabilmektedir.

TBDY-2018’e göre $E_d^{(H)}$ yatayda birbirine dik X ve Y doğrultularında oluşan depremlerden kaynaklanan deprem etkilerinin birleştirilmesiyle meydana gelmektedir. Bu birleşim 2 farklı denklem ve 8 farklı kombinasyon ile sağlanmıştır. $E_d^{(H)}$ birleşimleri Denklem (3.7d) ve (3.7e)’de gösterilmiştir.

$$E_d^{(H)} = \pm E_d^{(X)} \pm 0.3E_d^{(Y)} \quad (3.7d)$$

$$E_d^{(H)} = \pm 0.3E_d^{(X)} \pm E_d^{(Y)} \quad (3.7e)$$

Her iki denklem için dörder ihtimal vardır. Toplamda 8 farklı ihtimal bulunmaktadır. Böylelikle sadece yatay deprem etkisiyle 8 farklı kombinasyon oluşmaktadır. Her bir kombinasyona eksantrisite etki edecektir. Eksantrisite kelime anlamı olarak dış merkezlik olarak tanımlanmaktadır. Eksantrisite etkisi, yapıdaki taşıyıcı elemanlara etkiyen yükün ağırlık merkezinden değil de ağırlık merkezinde moment oluşturacak başka bir kısımdan etki etmesi ile meydana gelmektedir. Eksantrisite (+0.005), (0) ve (-0.005) olarak etkitilmektedir. Bu etkiler neticesinde 8 farklı kombinasyonun her biri için 9 farklı kombinasyon oluşmaktadır. Böylelikle $8*9=72$ farklı kombinasyon meydana gelmektedir. Bu kombinasyonlar sadece Denklem (3.7d)’de oluşan kombinasyonlardır. Ek olarak Denklem (3.7e) için de aynı işlemler tekrarlanır ve

8*9=72 farklı kombinasyon meydana gelir. Toplamda 144 farklı yük kombinasyonu oluşturulur.

Oluşturulan kombinasyonlar modele uygulanmaktadır ve modelin bu kombinasyonlara verdiği tepkiler incelenmektedir. Hangi kombinasyonun bina için daha zararlı olduğu belirlenip o kombinasyon verileri üzerinden kontroller gerçekleştirilmektedir.

3.8 Yapı Modeli Kontrolleri

Yapı gerekli hesaplamalar sonucunda 3 boyutlu olarak modellenmektedir. Hesaplamaların doğru olarak yapıp modelin hazırlanması yapının uygun olduğu anlamına gelmemektedir. Modelin uygunluğunu denetlemek için bazı kontroller yapılması gerekmektedir. Görelî kat ötelemesi kontrolü, düzensizlik kontrolleri ve ikinci mertebe etkilerinin kontrolü bir yapı modeline uygulanması gereken kontrollerdir.

3.8.1 Görelî kat ötelemesi kontrolü

TBDY-2018'e göre, herhangi bir katta bulunan kolon veya perdenin, yani düşey elemanın kendisine göre bir alt veya bir üst kattaki düşey elemana göre yer değiştirmesine görelî öteleme denmektedir. Görelî kat ötelemesi kontrolü yönetmelik gereği eşdeğer deprem yükü yöntemine göre yapılmaktadır. Kontrol sağlanırsa herhangi bir işlem yapmaya gerek duyulmaz ama kontrol sağlanmazsa kolon boyutlarının artırılması gerekmektedir.

TBDY 2018'e göre, "X deprem doğrultusundaki kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yer değiştirme farkı azaltılmış görelî kat ötelemesi $\Delta_i^{(X)}$ ile ifade edilmektedir". Bu ifade Denklem (3.8a)'da gösterilmiştir.

$$\Delta_i^{(X)} = u_i^{(X)} - u_{i-1}^{(X)} \quad (3.8a)$$

$u_i^{(X)}$ ve $u_{i-1}^{(X)}$ X doğrultusundaki deprem için bir binanın ardışık iki katının azaltılmış deprem yüklerine göre kolon veya perde uçlarında yatay yer değiştirmesini ifade etmektedir.

TBDY-2018'e göre, görelî kat ötelemesi kontrolü için, etkin görelî kat ötelemesi hesaplanması gerekmektedir. Her kat için bu değer hesaplanmakta ve en yüksek değer

üzerinden kontroller sağlanmaktadır. Etkin görel kat ötelemesi Denklem (3.8b) ile elde edilmektedir.

$$\delta_i^X = (R/I) * \Delta_i^X \quad (3.8.b)$$

Denklem (3.8.a) ile elde edilen maksimum değer $\delta_{i,max}^X$ ile ifade edilmektedir. $\delta_{i,max}^X$ ifadesinin TBDY-2018’de verilen iki farklı koşuldan ilgili olanı sağlaması gerekmektedir.

Koşul 1: “Gevrek malzemeden yapılmış boşluklu veya boşluksuz dolgu duvarlarının ve cephe elemanlarının çerçeve elemanlarına, aralarında herhangi bir esnek derz veya bağlantı olmaksızın, tamamen bitişik olması durumunda”:

$$\lambda * \delta_{i,max}^X / h_i \leq 0.008 \kappa \quad (3.8c)$$

Koşul 2: “Gevrek malzemeden yapılmış dolgu duvarları ile çerçeve elemanlarının aralarında esnek derzler yapılması, cephe elemanlarının dış çerçevelere esnek bağlantılarla bağlanması veya dolgu duvar elemanının çerçeveden bağımsız olması durumunda”:

$$\lambda * \delta_{i,max}^X / h_i \leq 0.016 \kappa \quad (3.8d)$$

λ katsayısı DD-3 deprem yer hareketinin DD-2 deprem yer hareketi elastik tasarım spektral ivmesine oranıdır. κ katsayısı ise betonarme bina ise 1 çelik bina ise 0.5 olarak ele alınmaktadır.

3.8.2 İkinci mertebe etkileri

TBDY-2018’e göre, yanal yer değiştirmelerin büyük olduğu yapılarda ek tesirler oluşmaktadır. Bu tesirlere ikinci mertebe etkileri denmektedir. Bu ek tesirler belirli bir düzeyi geçerse tasarımda ikinci mertebe etkilerini dikkate almak gerekmektedir. Bu yüzden hem X hem de Y doğrultusu için İkinci mertebe gösterge değeri hesaplanması gerekmektedir. X doğrultusu için hesaplama Denklem (3.8e)’de gösterilmiştir.

$$\theta_{II,i}^X = (\Delta_i^X)_{ort} * \frac{\sum_{k=i}^N w_k}{V_i^X * h_1} \quad (3.8e)$$

Denklem (2.5e)’de, $(\Delta_i^X)_{ort}$ ortalama görel kat ötelemesini, $\sum_{k=i}^N w_k$ kat kütlelerini, V_i^X o kata gelen deprem kuvvetini ve h_1 ise kat yüksekliğini ifade eder.

TBDY-2018'e göre, her kat için $\theta^X_{\pi,i}$ hesaplanır ve maximum $\theta^X_{\pi,i}$ bulunur. Bulunan $\theta^X_{\pi,max}$ değeri için gerekli kontroller sağlanır. $\theta^X_{\pi,max}$ değerinin kontrolü için Denklem (3.8f) kullanılmaktadır.

$$\theta^X_{II,max} \leq 0.12 \frac{D}{C_h * R} \quad (3.8f)$$

Burada R taşıyıcı sistem davranış katsayısını, D dayanım fazlalığı katsayısını ifade ederken C_h ise taşıyıcı sistemin doğrusal olmayan histerik davranışına bağlı olarak tanımlanan bir katsayıyı ifade etmektedir. Betonarme binalarda $C_h=0.5$, çelik ve kompozit yapı binalarda ise $C_h=1$ olarak alınmaktadır.

3.8.3 Düzensizlik kontrolleri

Yapılarda birtakım düzensizlikler bulunabilmektedir. Bu düzensizlikler planda ve düşeyde olmak üzere ikiye ayrılmaktadırlar. Bu düzensizliklerin belirli sınırlar içinde tutulması gerekmektedir, bu sebeple tüm düzensizlik durumları için belirli sınır şartları belirlenmiştir.

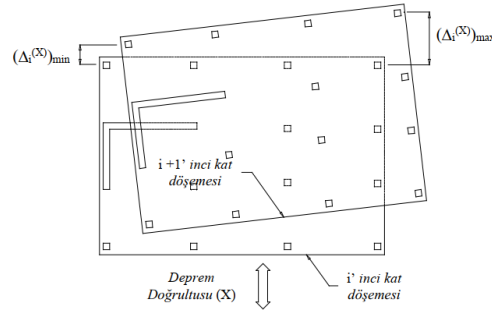
3.8.3.1 Planda düzensizlik durumları

3 adet planda düzensizlik durumu bulunmaktadır. Bunlar A1 burulma düzensizlikleri, A2 döşeme süreksizlikleri ve A3 planda çıkıntılar bulunması düzensizlikleridir.

A1 burulma düzensizliği, TBDY-2018'e göre, burulma düzensizliği X veya Y deprem doğrultusu için herhangi bir katta meydana gelen en büyük görelî kat ötelemesinin o kattaki ortalama görelî kat ötelemesine oranı olarak ifade edilmektedir. Bu oran burulma düzensizliği katsayısını vermektedir. Eğer burulma düzensizliği katsayısı 1.2'den büyükse, yapıda burulma düzensizliği bulunmaktadır. Burulma düzensizliği katsayısı hesabı Denklem (3.8g)'de gösterilmiştir.

$$\eta_{bi} = \frac{(\Delta_i^X)_{\max}}{(\Delta_i^X)_{\text{ort}}} \geq 1.2 \quad (3.8g)$$

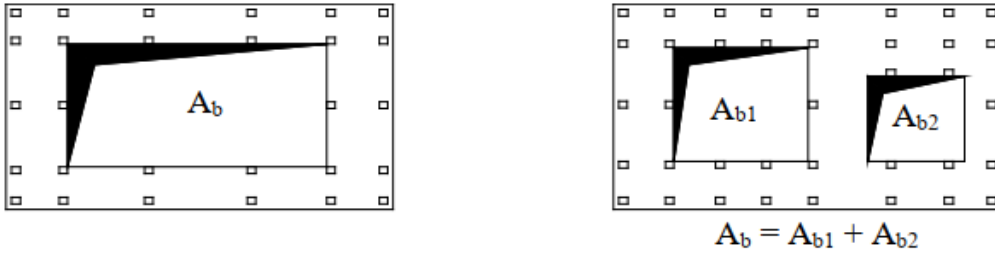
Denklem (3.8.g)'de belirtilen, $(\Delta_i^X)_{\max}$ bir kattaki maksimum görelî kat ötelemesini ifade ederken $(\Delta_i^X)_{\text{ort}}$ ifadesi bir kattaki ortalama görelî kat ötelemesini ifade etmektedir. Bir kattaki görelî kat ötelemeleri Şekil 3.3'te gösterilmiştir.



Şekil 3.3: Bir kattaki görelî kat ötelemeleri (TBDY-2018).

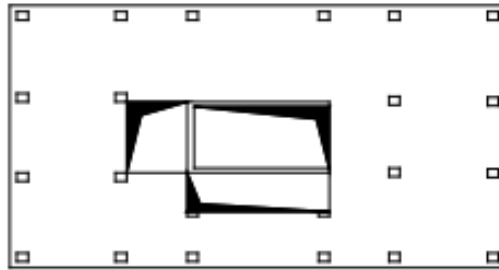
TBDY 2018'e göre A2 Döşeme Süreksizlikleri, herhangi bir katta bulunan döşemeler arasında meydana gelen düzensizliklerdir ve 3 farklı şekilde oluşabilmektedirler.

Birincisi merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olması durumudur. Örnek düzensizlik durumu Şekil 3.4'te gösterilmiştir.



Şekil 3.4: A2 türü düzensizlik durumu I (TBDY-2018).

İkincisi deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumudur. Örnek düzensizlik durumu Şekil 3.5'de gösterilmiştir.



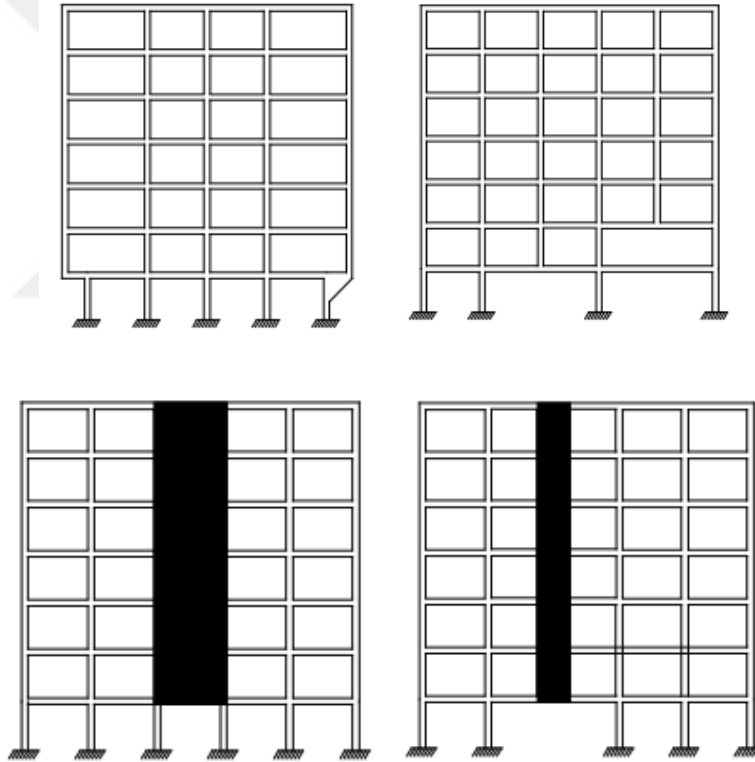
Şekil 3.5: A2 türü düzensizlik durumu II (TBDY-2018).

Üçüncüsü döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumudur. Örnek düzensizlik durumu Şekil 3.6'da gösterilmiştir.

TBDY 2018'e göre B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (Yumuşak kat), “Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, bodrum katlar dışında, herhangi bir i'inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı η_{ki} 'nin 2.0'den fazla olması durumudur.” Hesaplamalar Denklem (3.8j)'de gösterilmiştir

$$\eta_{ki} = (\Delta_i^x/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}^x/h_{i+1})_{ort} > 2 \quad (3.8j)$$

TBDY 2018'e göre B3 taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği, taşıyıcı sistemde kolon veya perdelerin bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kirişlerin ucuna veya üstüne oturtulması ya da üst kattaki perdelerin alt katta kolona oturtulması durumudur.” Düzensizliklere örnek olarak Şekil 3.8 gösterilmiştir.



Şekil 3.8: B3 türü süreksizlikler (TBDY-2018).

4. BİNA TASARIMI

4.1 Tüm Modeller İçin Genel Tanım

İş yeri amacıyla kullanılmak üzere 10 katlı bir yapı tasarlanmıştır. Tasarlanan yapıda A3 türü düzensizlik bulunduğu için, bina dilatasyon yöntemleriyle tekrar tasarlanarak düzensizlik ortadan kaldırılmıştır. Her dilatasyon yöntemi için farklı modeller oluşturulmuştur. Bütün modeller için kat yüksekliği 3,5 metre, akslar arası mesafe her iki yönde 4 metre, toplam bina yüksekliği 35 metre olarak ele alınmıştır. Çerçeve sistem olarak çözülen binalarda kare kolonlar ve kirişli döşemeler kullanılmıştır. Kiriş boyutları bütün binalarda aynı ve 30x60 cm olarak uygulanmıştır. Bu verilere ek olarak bazı hesaplamalar yapılmış ve döşeme kalınlığı, kolon boyutları, sabit yükler, hareketli yükler ve duvar yükleri gibi veriler elde edilmiştir.

Bu proje için tasarlanan yapılar, Yeditepe Üniversitesi, Ataşehir/İstanbul konumunda yer almaktadır. Konum enlem olarak 40.972769°, boylam olarak ise 29.152018°'de bulunmaktadır. Zemin sınıfı olarak ZB zemin sınıfı seçilmiştir. Modellenen binaların konumu Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1: A binası konumu (<https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml>).

4.1.1 Malzemeler

4.1.1.1 Beton-C35

Karakteristik Basınç Dayanımı f_{ck} : 35 MPa

Tasarım Basınç Dayanımı f_{yd} : 23 MPa

Karakteristik Çekme Dayanımı f_{ctk} : 2.1 MPa

Tasarım Çekme Dayanımı f_{ctd} : 1.35 MPa

28 Günlük Elastisite Modülü E_c : 33000

28 Günlük Kayma Modülü G_c : 13200

Basınç Bloğu Katsayısı k_1 : 0.79

Poisson Oranı μ_c : 0.2

Ezilme Birim Kısalması ϵ_{cu} : 0.003

4.1.1.2 Yapı çeliği-S420

Karakteristik Akma Dayanımı f_{yk} : 420 MPa

Tasarım Dayanımı f_{yd} : 365 MPa

Elastisite Modülü E_s : 200000

Poisson Oranı (Elastik Bölge) μ_s : 0.3

Poisson Oranı (Plastik Bölge) μ_s : 0.5

Kopma Birim Uzaması E_{su} : 0.1

4.1.2 Döşeme kalınlığı

TS500 hesap esasları dikkate alınarak minimum döşeme kalınlığı hesaplanmıştır. Bu binada çift taraflı çalışan 30x60cm boyutunda kirişli döşemeler kullanılmıştır. TS500'e göre çift taraflı çalışan kirişli döşeme hesap esasları kullanılarak döşeme kalınlığı hesaplanmıştır.

$$h_f = \frac{L_{sn}}{15 + \frac{20}{m}} * \left(1 - \frac{a_s}{4}\right); 80mm \quad (4.1)$$

Bu denklemde h_f döşeme kalınlığını, L_{sn} döşeme serbest açıklığını, a_{sn} sürekli kenarların döşeme çevresine oranını, m ise döşemenin uzun kenarı ile kısa kenarının

oranını göstermektedir. Bu denkleme göre bir kattaki tüm döşemeler için yapılan hesaplamalar döşeme kalınlığı hesabı Çizelge 4.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1: Döşeme kalınlığı hesabı.

Döşeme Adı	L _{uzun} (m)	L _{kısa} (m)	m	a _s	h _f (cm)	Çalışma Tipi
D101	4	4	1	0,5	9,25	Çift Taraflı Çalışan Döşeme
D102	4	4	1	0,75	8,59	
D103	4	4	1	0,75	8,59	
D104	4	4	1	0,75	8,59	
D105	4	4	1	0,75	8,59	
D106	4	4	1	0,5	9,25	
D107	4	4	1	0,75	8,59	
D108	4	4	1	1	7,93	
D109	4	4	1	1	7,93	
D110	4	4	1	0,75	8,59	
D111	4	4	1	0,75	8,59	
D112	4	4	1	0,5	9,25	
D113	4	4	1	0,75	8,59	
D114	4	4	1	1	7,93	

Yapılan hesaplamalar sonucu minimum döşeme kalınlığı 9,25 cm olarak elde edilmiştir. Güvenliği arttırmak amacıyla yapıda döşeme kalınlığı 12 cm olarak uygulanmıştır.

4.1.3 Yapı sabit yükleri

Yapının kendi ağırlığından oluşan yüklere sabit yükler denir. Bu yükler yapı üzerinde sürekli olarak bulunurlar. Sabit yükler kullanılan malzeme türüne ve malzemenin kalınlığına göre farklı değerler almaktadır. Döşemede kullanılan malzemeler, kalınlıkları ve sabit yüke etkileri hesaplanmıştır. Hesaplama sonucu sabit yük değeri 4.95 kN/m² bulunmuştur. Yapılan hesaplamalar Çizelge 4.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2: Sabit yük hesap çizelgesi.

Katman İsimleri	Yükseklik(m)	Kütle Yoğunluğu(kN/m ³)	Yük (kN/m ²)
Seramik	0,02	22,00	0,44
Şap	0,05	22,00	1,10
EPS Isı Yalıtımı	0,02	0,25	0,01
Betonarme Döşeme	0,12	25,00	3,00
Sıva	0,02	20,00	0,40
Sabit Yük (G) (kN/m ²)			4,95
Hareketli Yük (Q) (kN/m ²)			5,00
Hesap Yüğü (P _d)(1.4G+1.6Q) (kN/m ²)			14,92

4.1.4 Yapı hareketli yükleri

Hareketli yükler değişken yüklerdir ve değeri tam olarak hesaplanamaz. Bu yüzden bazı yaklaşımlar yapılarak, yapı kullanım türüne göre hareketli yükler saptanmıştır. Bu yük değerleri TS498 Yapı Elamanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri adı verilen Türkiye standardında belirlenmiştir. TS498'e göre hareketli yük çizelgesi Çizelge 4.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.3: Hareketli yük çizelgesi (TS498, 1987).

Kullanma Şekli			Hesap Değeri
ÇATILAR Yatay veya 1/20'ye kadar eğimli	Döşemeler	MERDİVENLER (Sahanlık ve merdiven girişi dahil)	kN/m ²
1	Çatı arası odalar		1,5
2	Zaman zaman kullanılan çatılar	Konut, teras oda ve koridorlar, bürolar, konutlardaki 50 m ² 'ye kadar olan dükkanlar, hastane odaları	2
3	Konut toleranslarının kullanılması ve çiçeklik (bahçe yapılması)	Hastanelerin mutfakları, muayene odaları, poliklinik odaları, sınıflar, yatakhaneler, anfiler	Konut Merdivenleri 3,5
4	- Camiler - Tiyatro ve sinemalar, - Spor dans ve sergi salonları, - Tribünler (oturma yeri sabit olan) - Toplantı ve bekleme salonları - Mağazalar, - Lokantalar - Kütüphaneler - Arşivler - Hafif ağırlıklı atölyeler - Büyük mutfaklar, kantinler - Mezbahalar - Fırınlr, - Büyükbaş hayvan ahırları - Balkonlar 10 m²'ye kadar - Büro, hastane okul, tiyatro sinema kütüphane depo vb. genel yapı koridorları	Umuma açık yapılarda büro hastane okul, tiyatro, kütüphane kitaplık vb.	5
5	- Tribünler (oturma yeri sabit olmayan)		7,5
6	Garajlar (Toplam ağırlığı 2,5 tona kadar olan araçlar için)		5

Tüm binalar iş yeri amacıyla tasarlanmıştır. Bina kullanım amacına göre binalar 4 numaralı satırda yer almaktadır. Bu sebeple hareketli yük değeri 5 kN/m² olarak ele alınmıştır.

4.1.5 Yapı duvar yükleri

Duvar yükleri kirişlerin üzerine inşa edilen yapıların meydana getirdiği yüklerdir. Malzeme türü, kat yüksekliği, duvar genişliği gibi etmenler duvar yükünü etkilemektedir. Tüm binalarda 20cm duvar ve 2 cm duvarın bir tarafına, 2cm de duvarın diğer tarafına toplam 4cm sıva uygulanmıştır. Kirişler üzerine duvarlardan gelen yük 3,5 kN/m olarak hesaplanmıştır.

4.1.6 Yapı kolon boyutları

Kolon boyutları hesaplanırken döşeme yükleri, kolon ağırlığı, kiriş ağırlığı duvar ağırlığı ve üst kattan gelen yükler dikkate alınmaktadır. Elde edilen yüklerle TS500 hesap esasları dikkate alınarak minimum kolon boyutları hesaplanmaktadır. Tüm binalar için kolon boyutlarının her 3 katta bir küçültülmesi uygun görülmüştür. Çünkü üst katlara çıktıkça kolonlara etkiyen yükler azalmaktadır. Köşe kolon, kenar kolon, orta kolon, orta köşe kolon olarak 4 farklı kolon tipi tanımlanmıştır. Yapım ve tasarım kolaylığı açısından köşe ve kenar kolonlar birlikte boyutlandırılmış ve bunlar A kolon olarak, orta ve orta köşe kolonlar da yine birlikte boyutlandırılmış ve B kolon olarak isimlendirilmiştir. Böylelikle her katta 2 farklı boyutta kolonlar elde edilmiştir.

Kolon boyutları hesaplanırken kullanılan α kolon büyütme katsayısıdır ve kolonun bulunduğu yere göre değeri değişmektedir. A_c kolonun alanını ifade etmektedir. Kolon alanı ve kolon büyütme katsayısı birbiriyle çarpılarak kullanılacak kolonun alanı elde edilmektedir. Elde edilen alanlara göre de kolon boyutları hesaplanmaktadır.

Kolon hesapları Çizelge 4.4'te gösterilmiştir. Kolon hesap çizelgesi bütün binalar için kullanılmaktadır

Çizelge 4.4: Kolon hesap çizelgesi.

Kat No	Kolon adı	Döşeme		Kiriş Ağırlığı (kN)	Kolon Ağırlığı (kN)	Duvar Ağırlığı (kN)	Üst Kattan Gelen Yük (kN)	Toplam Yük (kN)	α	Ac (cm2)	$\alpha \cdot Ac$
		Ng (kN)	Nq (kN)								
7. Kat	Köşe	19,78	20,00	12,24	31,50	34,51	507,73	676,97	1,70	483,55	822,03
	Kenar	39,56	40,00	18,36	31,50	51,77	784,98	1046,64	1,50	747,60	1121,40
	Orta Köşe	59,34	60,00	24,48	31,50	69,02	1062,23	1416,30	1,50	1011,65	1517,47
	Orta	79,12	80,00	24,48	31,50	69,02	1241,30	1655,07	1,30	1182,19	1536,85
4. Kat	Köşe	19,78	20,00	12,24	31,50	34,51	1015,45	1184,69	1,70	846,21	1438,56
	Kenar	39,56	40,00	18,36	31,50	51,77	1569,95	1831,61	1,50	1308,30	1962,44
	Orta Köşe	59,34	60,00	24,48	31,50	69,02	2124,46	2478,53	1,50	1770,38	2655,57
	Orta	79,12	80,00	24,48	31,50	69,02	2482,61	2896,38	1,30	2068,84	2689,49
1. Kat	Köşe	19,78	20,00	12,24	31,50	34,51	1523,18	1692,42	1,70	1208,87	2055,08
	Kenar	39,56	40,00	18,36	31,50	51,77	2354,93	2616,59	1,50	1868,99	2803,49
	Orta Köşe	59,34	60,00	24,48	31,50	69,02	3186,68	3540,76	1,50	2529,11	3793,67
	Orta	79,12	80,00	24,48	31,50	69,02	3723,91	4137,68	1,30	2955,49	3842,13

Çizelge 4.4 ‘e göre, tüm binalar için kolon boyutları saptanmıştır. Her kat için 2 farklı kolon boyutu bulunacağı için, bu kolonlara A ve B kolon ismi verilmiştir. Katlara göre kolon boyutları ve kolonların isimleri Çizelge 4.5’te gösterilmiştir.

Çizelge 4.5: Kolon boyutları çizelgesi.

Kat	Katlara Göre Kolon Boyutları	
	Kolon A	Kolon B
10	60x60	50x50
9	60x60	50x50
8	60x60	50x50
7	60x60	50x50
6	65x65	55x55
5	65x65	55x55
4	65x65	55x55
3	70x70	60x60
2	70x70	60x60
1	70x70	60x60

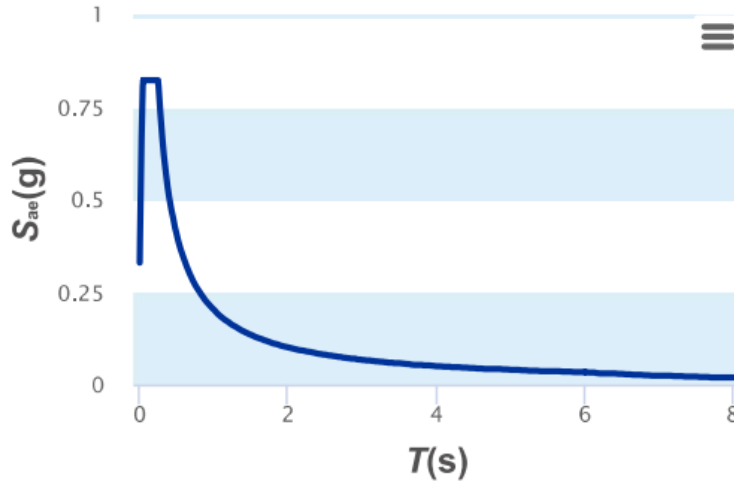
4.1.7 Deprem yer hareketi spektrumları

4.1.7.1 Spektral ivme katsayıları

DD-2 deprem düzeyi için AFAD internet sitesinden gerekli değerler elde edilmiştir. Bunlar; $S_S= 0.913$, $S_1=0.252$, $S_{DS}= 0.852$, $S_{D1}=0.202$, $P_{GA}= 0.380$ (g) ve $P_{GV}= 23.380$ (cm/sn) değerleridir.

4.1.7.2 Yatay elastik tasarım spektrumu

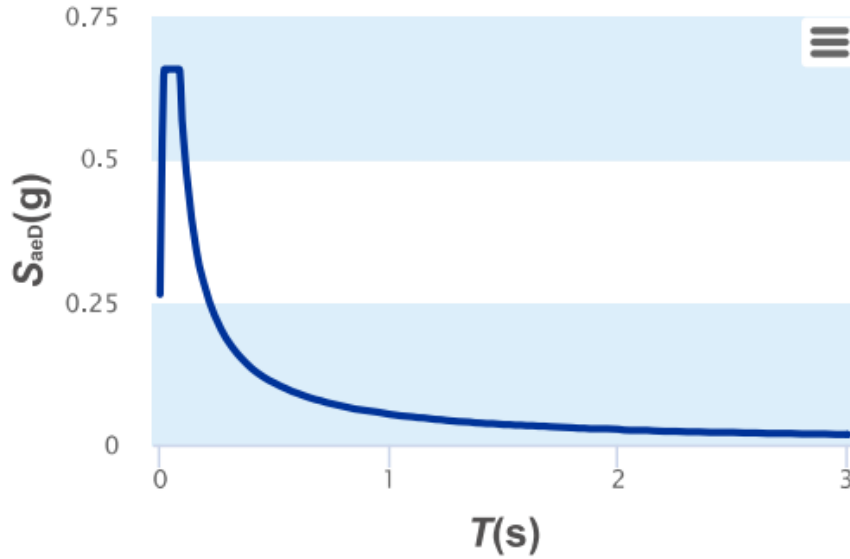
40.972769° enlem ve 29.152018° boylam için elde edilen yatay elastik tasarım spektrumu AFAD Türkiye Deprem Haritaları internet sitesinden alınmıştır. Alınan bu veriler neticesinde elde edilen spektrum Şekil 4.2’de gösterilmiştir. (<https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml>)



Şekil 4.2: Tüm binalar için yatay elastik tasarım spektrumu.

4.1.7.3 Düşey elastik tasarım spektrumu

40.972769° enlem ve 29.152018° boylam için elde edilen düşey elastik tasarım spektrumu AFAD Türkiye Deprem Haritaları internet sitesinden alınmıştır. Alınan bu veriler neticesinde elde edilen spektrum Şekil 4.3'te gösterilmiştir. (<https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml>)



Şekil 4.3: Tüm binalar için düşey elastik tasarım spektrumu.

4.1.8 TBDY-2018'e göre bina analizi

Bu çalışmanın doğrultusunda öncelikle bina modellenmiştir. Modellemede hesaplanan kolon, kiriş ve döşeme boyutları kullanılmıştır. Bina toplam kat yüksekliği 35 metre olan bir iş yeri binası olarak hesaplanmıştır. Konum ve zemin bilgilerine göre AFAD

Türkiye Deprem Tehlike Haritası kullanılarak gerekli deprem ivmeleri elde edilmiştir. Bu değerler $S_S=0.913$ ve $S_1=0.252$ değerleridir.

4.1.8.1 Bina kullanım sınıfı ve bina önem katsayısı

Çizelge 3.1'e göre; iş yerleri, kullanım amacı olarak diğer binalar sınıfında bulunmaktadır. Bu sebeple $BKS=3$ ve $I=1$ olarak elde edilmiştir.

4.1.8.2 Deprem tasarım sınıfları

Çizelge 3.2'ye göre; $S_{DS}=0.852$ ve $BKS=3$ için, DTS değeri 1 olarak elde edilmiştir.

4.1.8.3 Bina yükseklik sınıfları

Çizelge 3.3'e göre; $DTS=1$ ve $H_N=35$ m için, BYS değeri 4 olarak elde edilmiştir.

4.1.8.4 Bina performans hedefleri

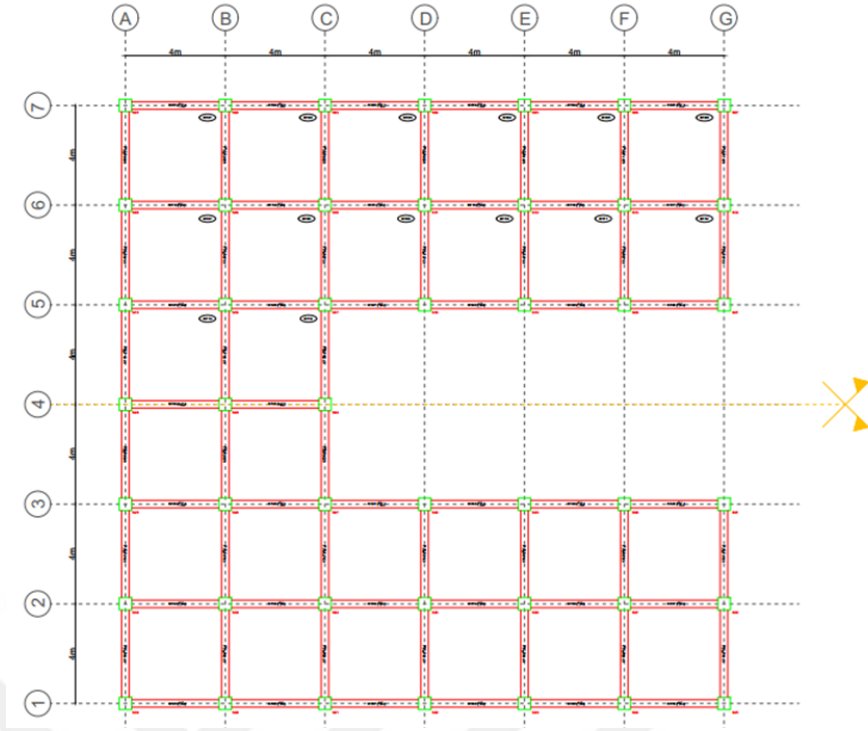
Çizelge 3.4'e göre; yerinde dökme betonarme binalar ve $BYS=4$ için, dayanıma göre tasarım yapılması (DGT) ve performans hedefi kontrollü hasar (KH) olması gerektiği görülmektedir. DGT lineer hesap yapılmasının yeterli oluşunu KH ise bütün elemanların plastik şekil değiştirme yapmadan elastik bölge içerisinde kalması gerektiğini ifade etmektedir.

4.1.8.5 Taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve dayanım fazlalığı katsayısı

Taşıyıcı sistem olarak süneklik düzeyi yüksek yerinde dökme betonarme çerçeve sistem kullanılmış ve $BYS=4$ olarak hesaba katılmıştır. Çizelge 3.5'e göre, taşıyıcı sistem davranış katsayısı 8 ve dayanım fazlalığı katsayısı ise 3 olarak elde edilmiştir.

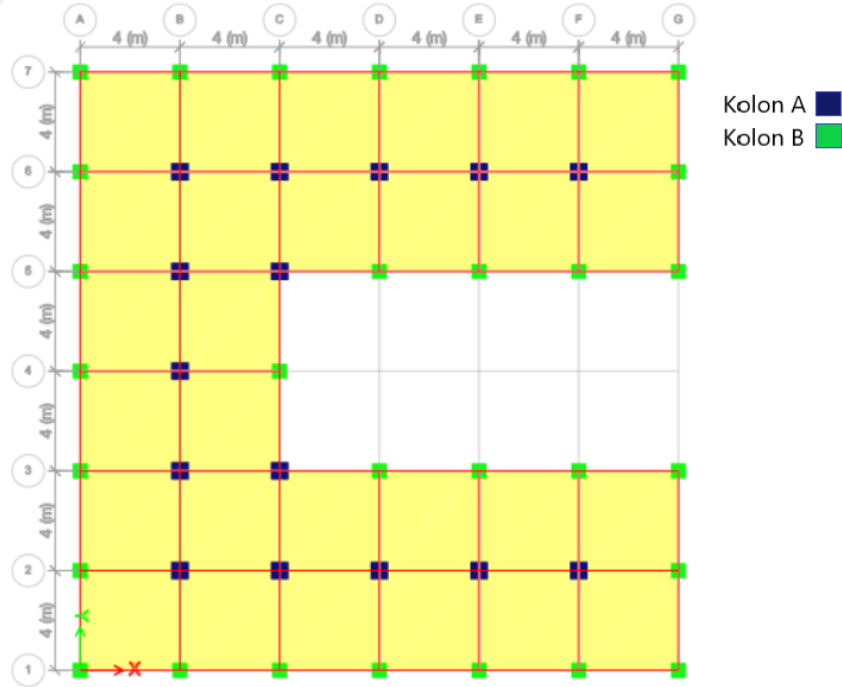
4.2 A3 Türü Düzensizlik Bulunan Temel Bina Tasarımı

Temel bina, U şekilli bir geometriye sahiptir. Bu bina X eksenine göre simetriktir. Bu binaya ait kat planı Şekil 4.4'te gösterilmiştir. Şekil 4.4'te gösterilen kat planına göre A7 kolonu köşe kolona, B7 kolonu kenar kolona, B8 kolonu orta kolona ve C5 kolonu da orta köşe kolona örnek gösterilebilir. Hesaplamalar bu düzendeki kolonlar esas alınarak yapılmıştır.



Şekil 4.4: Temel bina kat planı.

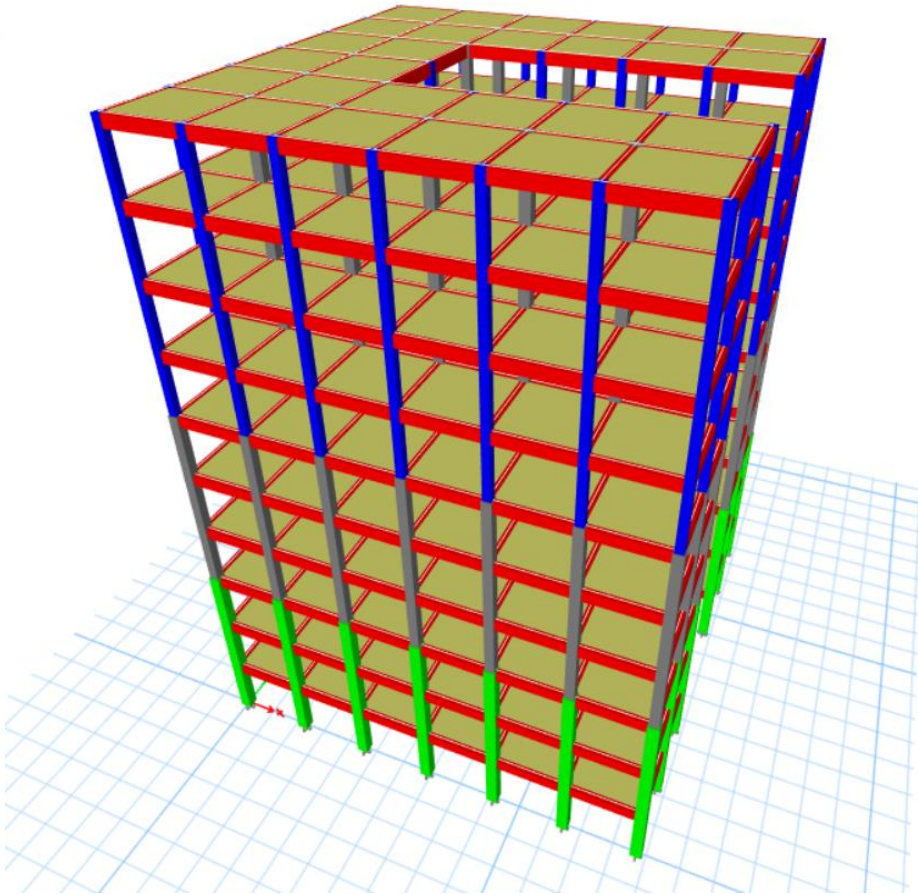
Çizelge 4.5'e göre, Kolon A ve Kolon B olarak adlandırılan kolonların kat yerleşim planındaki yerleri Şekil 4.5'te gösterilmiştir.



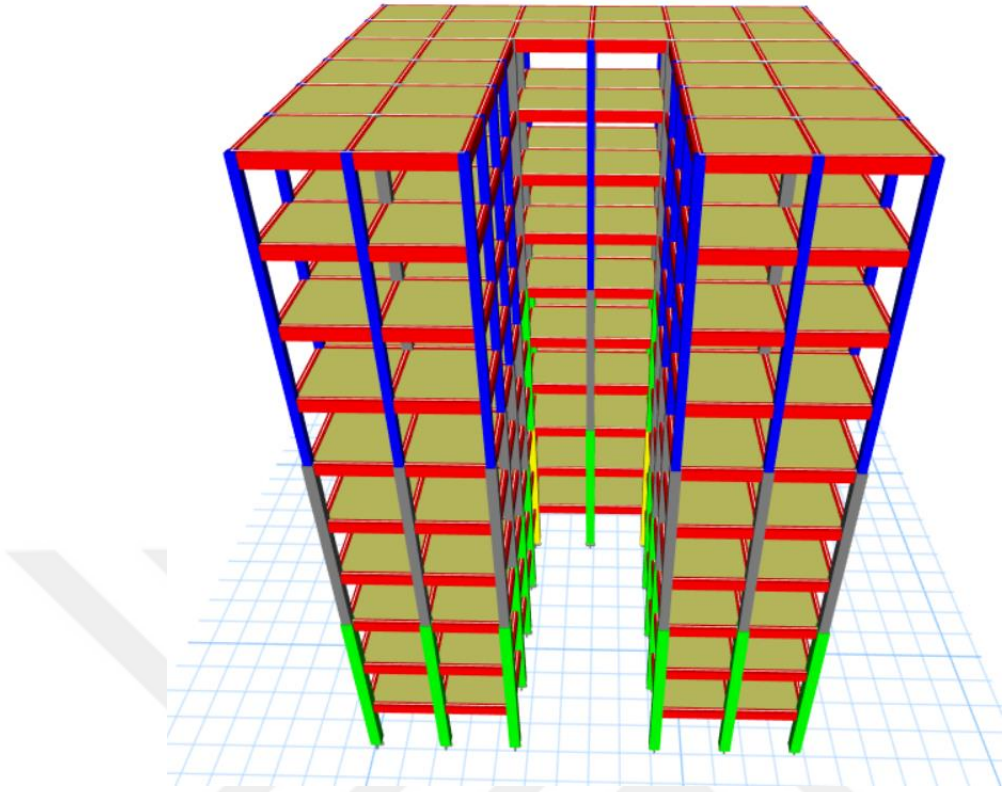
Şekil 4.5: Kolon yerleşim planı.

4.2.1 Yapı analiz modeli

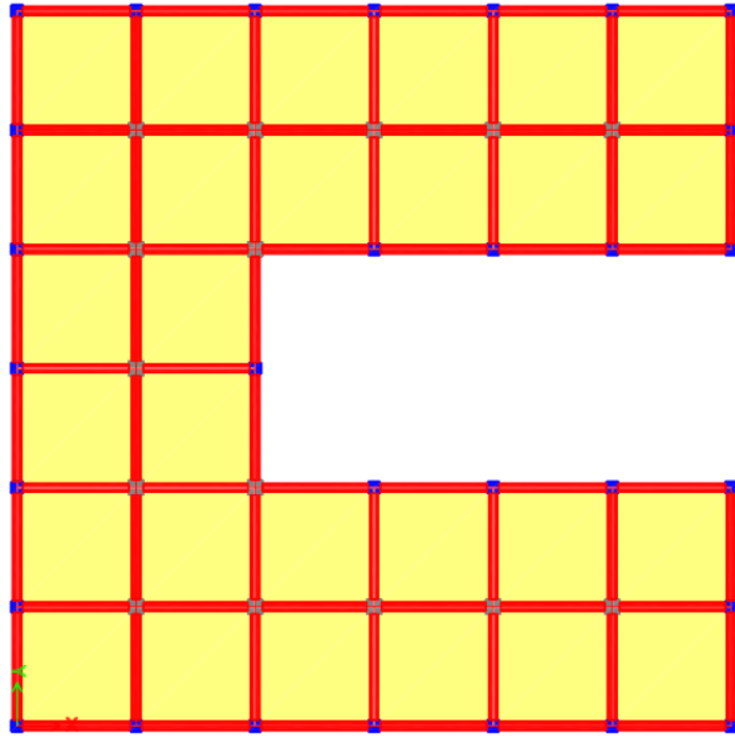
U şekilli iş yeri binası analiz edilerek sonuçlarının irdelemesi için 3 boyutlu olarak modellenmiştir. Modellemede CSI Etabs v.19.1.0 programı kullanılmıştır. Sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak modelleme yapılmıştır. Kolonlar ve kirişler tek boyutlu, döşemeler ise iki boyutlu olarak modellenmiştir. Kiriş ve kolonların kesişim noktaları düğüm noktası olarak kabul edilir. Bütün kolonlar, kirişler ve döşemeler birbirinden ayrı ve tek eleman olarak tanımlanmıştır. Şekil 4.6 ve Şekil 4.7’de modelin 3 boyutlu görünüşleri, Şekil 4.8’da modelin kat planı, Şekil 4.9, Şekil 4.10 ve Şekil 4.11’de ise modelin kesit görünüşleri verilmiştir.



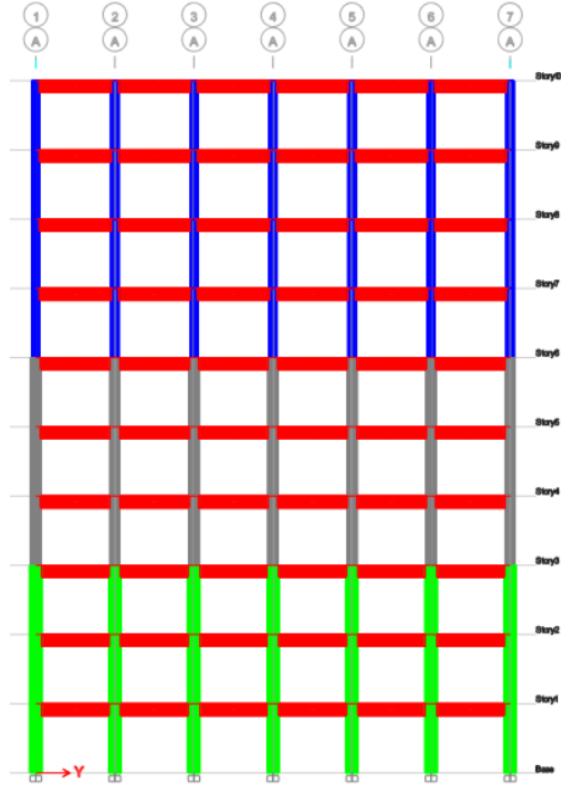
Şekil 4.6: 3 boyutlu modelin yandan görünüşü.



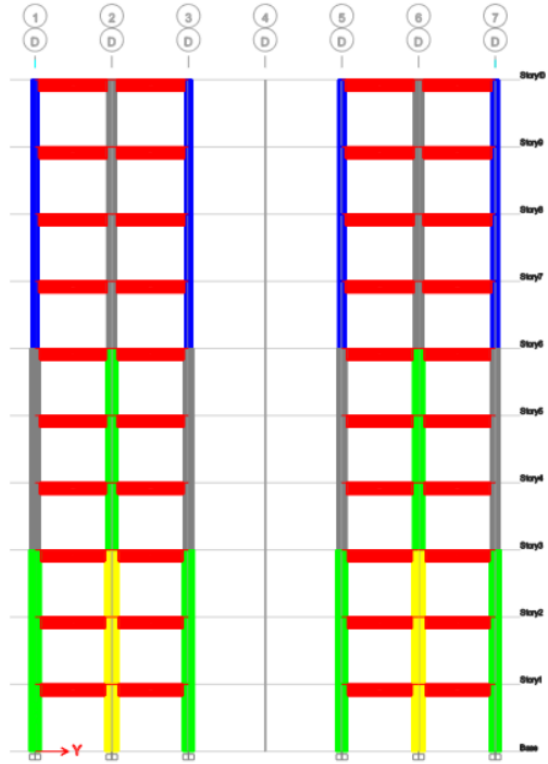
Şekil 4.7: 3 boyutlu modelin önden görünüşü.



Şekil 4.8: Kat planı.



Şekil 4.9: Modelin A-A kesiti.



Şekil 4.10: Modelin D-D kesiti.



Şekil 4.11: Modelin 4-4 kesiti.

4.2.2 Göreli kat ötelemesi kontrolü

Tüm gerekli hesaplamalar hem X hem de Y doğrultusu için yapılmıştır. Elde edilen verilerin kontrolü sağlanmıştır. Sonuç olarak üzerinde çalışılan bina için göreli kat ötelemesi kontrolü olumlu sonuçlanmıştır. Herhangi bir iyileştirmeye ihtiyaç duyulmamıştır. X doğrultusu ve Y doğrultusu için yapılan göreli kat ötelemesi kontrolleri ve ortaya çıkan hesaplama sonuçları sırasıyla Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.6: X doğrultusu için görelî kat ötelemesi kontrolü.

X YÖNÜ				
Kat	$\Delta i(X)$	$(R/I)*\Delta i(X)$	$\lambda*(R/I)*\Delta i(X)/h_i$	$0,016*\kappa$
10	1,37600	11,00800	0,00129	0,016
9	2,13500	17,08000	0,00200	
8	2,84100	22,72800	0,00266	
7	3,46500	27,72000	0,00325	
6	3,74600	29,96800	0,00351	
5	4,12800	33,02400	0,00387	
4	4,39700	35,17600	0,00412	
3	4,21800	33,74400	0,00395	
2	3,80600	30,44800	0,00357	
1	2,02500	16,20000	0,00190	

YETERLİ

Çizelge 4.7: Y doğrultusu için görelî kat ötelemesi kontrolü.

Y YÖNÜ				
Kat	$\Delta i(X)$	$(R/I)*\Delta i(X)$	$\lambda*(R/I)*\Delta i(X)/h_i$	$0,016*\kappa$
10	1,77200	14,17600	0,00166	0,016
9	2,60100	20,80800	0,00244	
8	3,37600	27,00800	0,00317	
7	4,06100	32,48800	0,00381	
6	4,38000	35,04000	0,00411	
5	4,77900	38,23200	0,00448	
4	5,03600	40,28800	0,00472	
3	4,80800	38,46400	0,00451	
2	4,26000	34,08000	0,00400	
1	2,20300	17,62400	0,00207	

YETERLİ

4.2.3 İkinci mertebe etkileri kontrolü

X yönü ve Y yönü için ayrı ayrı kontroller yapılmıştır. Yapılan kontroller sonucu tasarımda ikinci mertebe etkilerini dahil etmeye gerek kalmamıştır. X ve Y deprem doğrultusu için yapılan kontroller sırasıyla Çizelge 4.8 ve Çizelge 4.9’da gösterilmiştir.



Çizelge 4.8: X doğrultusu için ikinci mertebe etkileri.

X DOĞRULTUSU									
Kat No.	h(mm)	Ort. Gör. Kat. Ö. (mm)	W _i (kN)	ΣW _i (kN)	V _i (kN)	V _i *h _i (kNmm)	φ	φ _{max}	0,12*D/(C _h *R)
10	3500	1,24	5715,38	5715,38	470,91	1648173,45	0,004		
9	3500	1,93	6290,88	12006,27	784,21	2744720,30	0,008		
8	3500	2,57	6290,88	18297,15	1062,69	3719429,00	0,013		
7	3500	3,13	6290,88	24588,03	1306,37	4572298,85	0,017		
6	3500	3,39	6377,58	30965,62	1518,12	5313404,60	0,020	0,028	0,09
5	3500	3,73	6478,96	37444,58	1697,37	5940810,75	0,024		
4	3500	3,98	6478,96	43923,55	1840,78	6442735,60	0,027		
3	3500	3,81	6593,44	50516,99	1950,24	6825830,55	0,028		
2	3500	3,44	6726,28	57243,27	2024,68	7086372,65	0,028		
1	3500	1,83	6726,28	63969,54	2061,90	7216643,70	0,016		

YETERLİ

Çizelge 4.9: Y doğrultusu için ikinci mertebe etkileri.

Y DOĞRULTUSU									
Kat No.	h(mm)	Ort. Gör. Kat. Ö. (mm)	W _i (kN)	ΣW _i (kN)	V _i (kN)	V _i *h _i (kNmm)	φ	φ _{max}	0,12*D/(C _h *R)
10	3500	1,52	5715,38	5715,38	470,91	1648173,45	0,005		
9	3500	2,26	6290,88	12006,27	784,21	2744720,30	0,010		
8	3500	2,95	6290,88	18297,15	1062,69	3719429,00	0,015		
7	3500	3,56	6290,88	24588,03	1306,37	4572298,85	0,019		
6	3500	3,86	6377,58	30965,62	1518,12	5313404,60	0,022	0,032	0,09
5	3500	4,23	6478,96	37444,58	1697,37	5940810,75	0,027		
4	3500	4,46	6478,96	43923,55	1840,78	6442735,60	0,030		
3	3500	4,26	6593,44	50516,99	1950,24	6825830,55	0,032		
2	3500	3,79	6726,28	57243,27	2024,68	7086372,65	0,031		
1	3500	1,97	6726,28	63969,54	2061,90	7216643,70	0,017		

YETERLİ

4.2.4 A1 burulma düzensizliği kontrolü

Temel bina için burulma düzensizliği kontrolleri yapılmıştır. X ve Y doğrultusu için kontroller sırasıyla Çizelge 4.10 ve 4.11’de detaylı olarak gösterilmiştir.

Çizelge 4.10: X doğrultusu için A1-burulma düzensizliği.

X Doğrultusu				
Kat	Max. Göreli Kat Ötelemesi	Ort. Göreli Kat Ötelemesi	Burulma Düzensizliği Katsayısı	Burulma Düzensizliği Katsayısı ≤ 1.2
10	1,376	1,244	1,106	YETERLİ
9	2,135	1,928	1,107	
8	2,841	2,565	1,108	
7	3,465	3,127	1,108	
6	3,746	3,387	1,106	
5	4,128	3,732	1,106	
4	4,397	3,975	1,106	
3	4,218	3,813	1,106	
2	3,806	3,438	1,107	
1	2,025	1,825	1,110	

Çizelge 4.11: Y doğrultusu için A1-burulma düzensizliği.

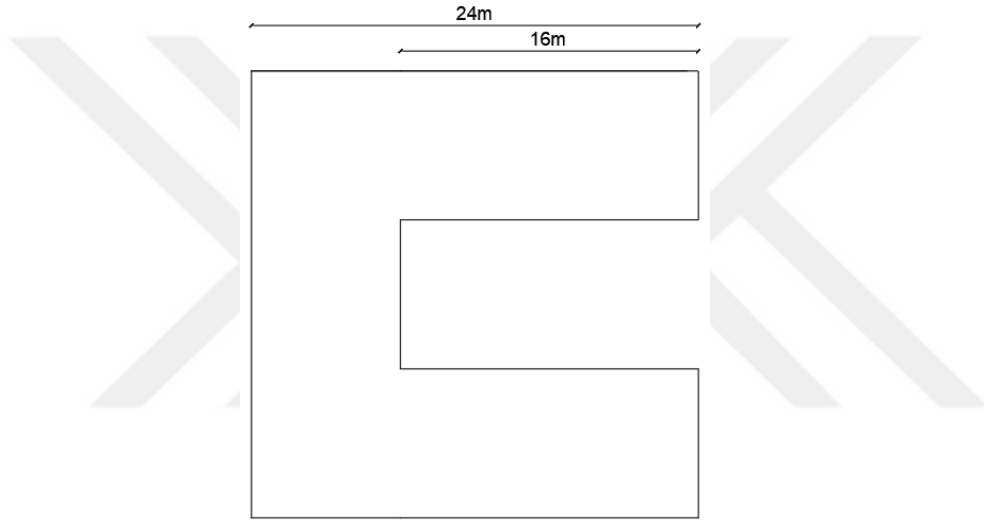
Y Doğrultusu				
Kat	Max. Göreli kat ötelemesi	Ort. Göreli kat ötelemesi	Burulma Düzensizliği Katsayısı	Burulma Düzensizliği Katsayısı ≤ 1.2
10	1,772	1,517	1,168	YETERLİ
9	2,601	2,258	1,152	
8	3,376	2,95	1,144	
7	4,061	3,563	1,140	
6	4,38	3,86	1,135	
5	4,779	4,225	1,131	
4	5,036	4,464	1,128	
3	4,808	4,264	1,128	
2	4,26	3,789	1,124	
1	2,203	1,967	1,120	

4.2.5 A2 döşeme süreksizliği kontrolü

Temel bina için yapılan kontroller sonucunda A2 döşeme süreksizliğine rastlanmamıştır.

4.2.6 A3 planda çıkıntılar bulunması kontrolü

A3 türü düzensizlik olmaması için; binada çıkıntı olan kısmının uzunluğunun, aynı doğrultuda bütün binanın uzunluğunun %20'sinden az olması gerekmektedir. Temel bina için bu oran $16/24$ 'ten %66,67 olarak elde edilmiştir. Açıkça görülmektedir ki, temel binada X eksenı doğrultusunda A3 türü düzensizlik bulunmaktadır. Şekil 4.12'de temel bina kenar uzunlukları gösterilmiştir.



Şekil 4.12: Temel bina kenar uzunlukları.

4.2.7 B1 komşu katlar arası dayanım süreksizliği kontrolü (zayıf kat)

Üst katta bulunan etkili kesme alanının alt kattaki etkili kesme alanına oranı 0,8'den büyük olmak zorundadır. Üst katlara çıkıldıkça kolon küçültme veya taşıyıcı eleman eksiltmek isteniyorsa komşu katlar arası dayanım süreksizliği kontrolüne dikkat etmek gerekmektedir. Temel binada yer alan bütün katlar için yapılan kontroller Çizelge 4.12'de gösterilmiştir. Sonuçlar irdelendiğinde herhangi bir düzensizlik olmadığı saptanmıştır.

Çizelge 4.12: B1 düzensizliği kontrolü.

Kat	Kolon Boyutları(cm)	Adet	Etkili Kesme Alanı(cm ²)	Toplam Etkili Kesme Alanı(cm ²)	η _{ci}	η _{ci} >0,8
1	70 70	15	73500	181500	-	YETERLİ
	60 60	30	108000			
2	70 70	15	73500	181500	1,00	
	60 60	30	108000			
3	70 70	15	73500	181500	1,00	
	60 60	30	108000			
4	65 65	15	63375	154125	0,85	
	55 55	30	90750			
5	65 65	15	63375	154125	1,00	
	55 55	30	90750			
6	65 65	15	63375	154125	1,00	
	55 55	30	90750			
7	60 60	15	54000	129000	0,84	
	50 50	30	75000			
8	60 60	15	54000	129000	1,00	
	50 50	30	75000			
9	60 60	15	54000	129000	1,00	
	50 50	30	75000			
10	60 60	15	54000	129000	1,00	
	50 50	30	75000			

4.2.8 B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü (yumuşak kat)

Komşu katlar arasındaki görelî kat ötelemeleri oranının kontrol edilmesi gerekmektedir. Üst katın alt kata oranı veya alt katın üst kata oranı 2'den küçük olmak zorundadır. Bu kontroller hem X doğrultusundaki görelî ötelemeler hem de Y doğrultusundaki görelî ötelemeler için yapılmaktadır. Temel bina için B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü X doğrultusu için Çizelge 4.13'de, Y doğrultusu için Çizelge 4.14'te gösterilmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda B2 düzensizliği olmadığı saptanmıştır.

Çizelge 4.13: X doğrultusu için B2 düzensizliği kontrolü.

X Doğrultusu				
Kat	Görelî kat ötelemesi	η_{ki}	η_{ki}	$\eta_{ki} \leq 2$
10	1,376	0,64	1,55	YETERLİ
9	2,135	0,75	1,33	
8	2,841	0,82	1,22	
7	3,465	0,92	1,08	
6	3,746	0,91	1,10	
5	4,128	0,94	1,07	
4	4,397	1,04	0,96	
3	4,218	1,11	0,90	
2	3,806	1,88	0,53	
1	2,025	-	-	

Çizelge 4.14: Y doğrultusu için B2 düzensizliği kontrolü.

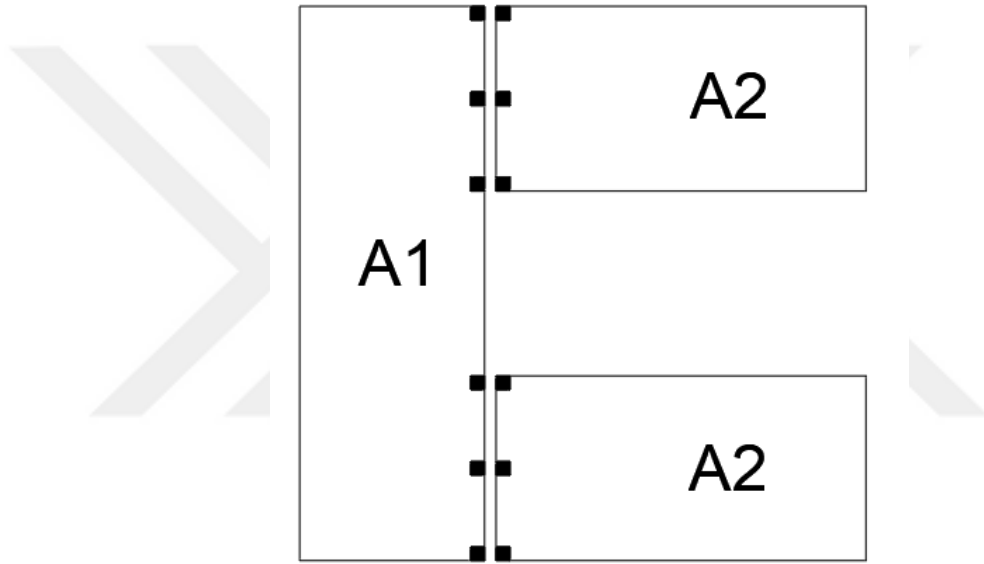
Y Doğrultusu				
Kat	Görelî kat ötelemesi	η_{ki}	η_{ki}	$\eta_{ki} \leq 2$
10	1,772	0,68	1,47	YETERLİ
9	2,601	0,77	1,30	
8	3,376	0,83	1,20	
7	4,061	0,93	1,08	
6	4,38	0,92	1,09	
5	4,779	0,95	1,05	
4	5,036	1,05	0,95	
3	4,808	1,13	0,89	
2	4,26	1,93	0,52	
1	2,203	-	-	

4.2.9 B3 taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği kontrolü

Temel binada taşıyıcı sistemin düşey elemanlarında herhangi bir süreksizlik bulunmamaktadır.

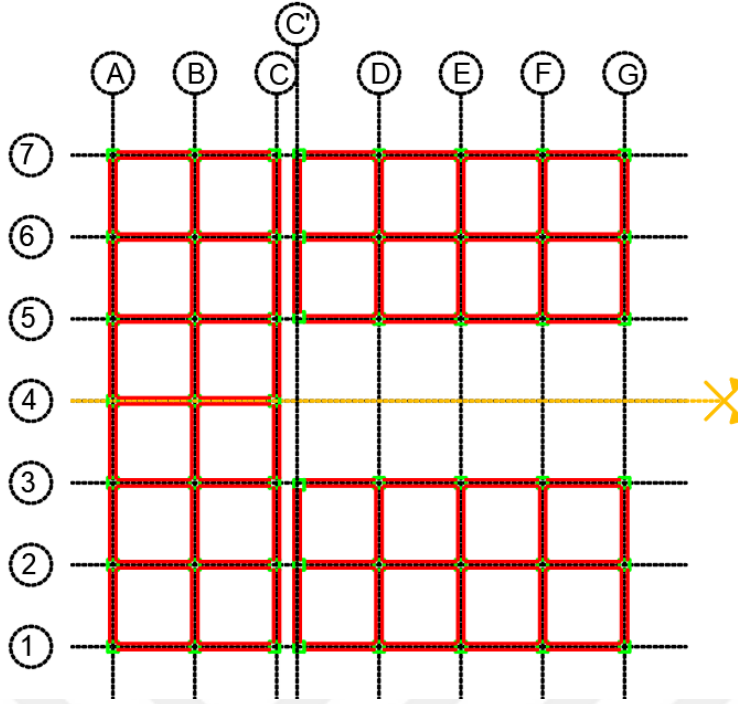
4.3 Çift Kolon Yöntemi

Temel binaya A3 düzensizliğini gidermek için çift kolon yöntemi uygulanmıştır. Bu uygulama doğrultusunda bina iki ayrı parçaya ayrılmıştır. Bunlar A1 ve A2 binası olarak adlandırılmıştır. A1 ve A2 binaları yerleşim planı ve kolon yerleşimleri Şekil 4.13’de gösterilmiştir.



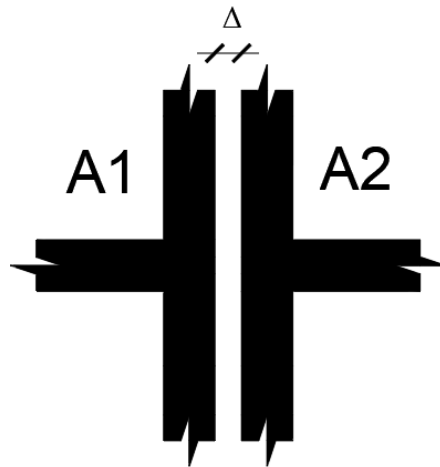
Şekil 4.13: A1 ve A2 binaları yerleşim planı.

A1 ve A2 binaları için ekstra kolonlar ve kirişler eklenmiştir. Bu eklenen kolon ve kirişler Şekil 4.14’te gösterilen C’ aksı üzerinde yer almaktadır. C2, C3 ,C5 ve C6 kolonlarının boyutları değişmiştir. Çizelge 4.5’de belirtilen kolon isimlerine göre; Temel binadan farklı olarak, C ve C’ aksında bulunan bütün kolonlar Kolon B olarak nitelendirilmiştir. Çünkü binalar ayrıldıktan sonra bu akslarda bulunan kolonlara gelen yükler azalmıştır. Şekil 4.14’te çift kolon uygulaması sonucu oluşan çift kolon binasının planı gösterilmiştir.



Şekil 4.14: Çift kolon yapı planı.

A1 ve A2 binası için ayrı ayrı hesaplamalar ve kontroller tekrardan yapılmıştır. Kontroller sonucunda herhangi bir yapı düzensizliğine rastlanmamıştır. Çift kolon bölgesindeki C ve C' aksları arasındaki boşluk mesafesini hesaplamak için iki binanın ayrı ayrı en üst kattaki maksimum yer değiştirmelerine bakılmıştır. A1 binası için en üst kattaki maksimum kat ötelemesi 40,71 mm A2 binası için ise 29,05 mm olarak hesaplanmıştır. Bu hesaplamalara göre C ve C' akslarındaki kolonlar arası mesafe (Δ) 70 mm olarak ele alınmıştır. Çift kolon bölgesindeki kolon kiriş etkileşimi ve kolonlar arası mesafe (Δ) Şekil 4.15'te gösterilmiştir.



Şekil 4.15: Kolon kiriş etkileşimi.

Çift kolon A1 ve çift kolon A2 binası için, etkin görelî kat ötelemesi kontrolü yapılmıştır. A1 binasının X doğrultusu için maksimum etkin görelî kat ötelemesi hesap değeri 0,0051, Y doğrultusu için ise 0,0036 olarak hesaplanmıştır. A2 binasının X doğrultusu için maksimum etkin görelî kat ötelemesi hesap değeri 0,0037, Y doğrultusu için ise 0,0047 olarak hesaplanmıştır. Etkin görelî kat ötelemesi sınır değeri 0,016'dır. Bu sebeple görelî kat ötelemesi yönünden herhangi bir sorun oluşmamıştır.

Çift kolon A1 ve çift kolon A2 binası için, A1 burulma düzensizliği kontrolü yapılmıştır. A1 binasının X doğrultusu için maksimum burulma düzensizliği katsayısı 1,18, Y doğrultusu için ise 1,03 olarak hesaplanmıştır. A2 binasının X doğrultusu için maksimum burulma düzensizliği katsayısı 1,04, Y doğrultusu için ise 1,13 olarak hesaplanmıştır. Burulma düzensizliği katsayısı sınır değeri 1,2'dir. Bu sebeple burulma düzensizliğine rastlanmamıştır.

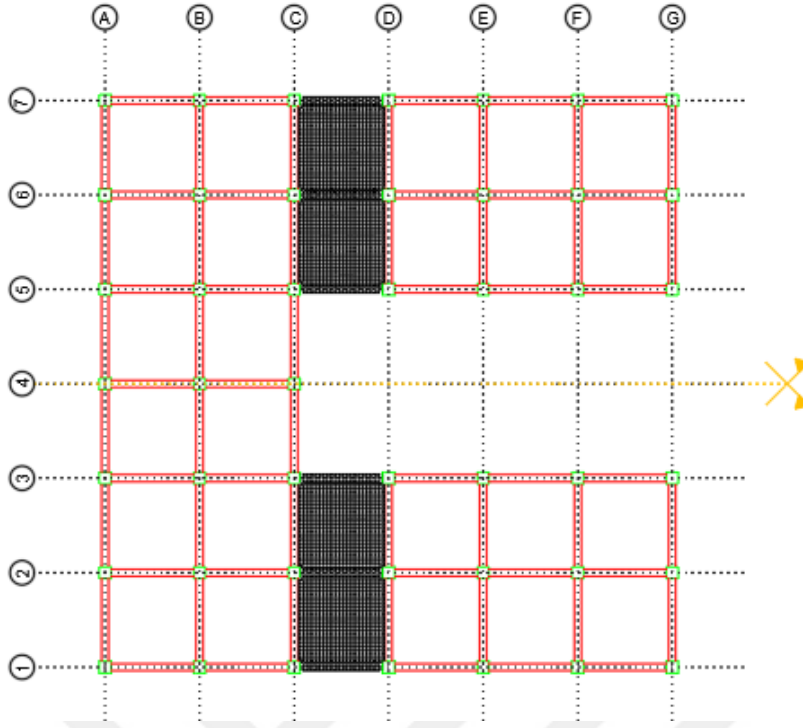
Çift kolon A1 ve çift kolon A2 binası için, B2 düzensizliği kontrolü yapılmıştır. A1 binasının X doğrultusu için maksimum rijitlik düzensizliği katsayısı 1,93, Y doğrultusu için ise 1,86 olarak hesaplanmıştır. A2 binasının X doğrultusu için maksimum rijitlik düzensizliği katsayısı 1,87, Y doğrultusu için ise 1,92 olarak hesaplanmıştır. Rijitlik düzensizliği katsayısı sınır değeri 2'dir. Bu sebeple rijitlik düzensizliğine rastlanmamıştır.

Çift kolon A1 ve çift kolon A2 binası için, ikinci mertebe etkileri kontrolü yapılmıştır. A1 binasının X doğrultusu için maksimum ikinci mertebe gösterge değeri 0,033, Y doğrultusu için ise 0,027 olarak hesaplanmıştır. A2 binasının X doğrultusu için ikinci mertebe gösterge değeri 0,027, Y doğrultusu için ise 0,032 olarak hesaplanmıştır. İkinci mertebe gösterge değeri sınır değeri 0,09'dur. Bu sebeple ikinci mertebe etkileri hesaplamalara dahil edilmemiştir.

A2, A3 ve B3 düzensizlikleri modellenen binalarda bulunmamaktadır; B1 düzensizliği ise modellenen bütün binalarda aynı kolon küçültme oranları uygulandığı için aynı dayanım düzensizliği katsayısını vermektedir. Bu sebeple B1 türü düzensizliğe de rastlanmamıştır.

4.4 Guseli Kiriş Yöntemi

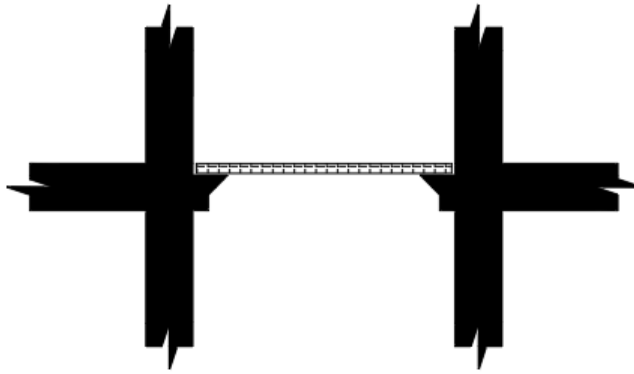
Temel binaya A3 türü düzensizliği gidermek için guseli kiriş yöntemi uygulanmıştır. Bu uygulama sonucu oluşan guseli kiriş binasının planı Şekil 4.16'da gösterilmiştir.



Şekil 4.16: Guseli kiriş binası plan görüntüsü.

Guseli kiriş uygulamasında, yerinde dökme betonarme döşemeler yerine prekast döşemeler kullanılmıştır. C ve D aksında bulunan kolonlara ve kirişlere guseler eklenmiştir. Böylece her katta, C ve D aksları arasında yer alan döşemelerin kayma yüklerini binalara aktarması sağlanmıştır. Ek olarak C ve D aksları arasında bulunan döşemeler için eksenel yükleri aktarabilen ama momentleri aktarmayan elemanlar tanımlanmıştır.

Guseli kiriş yönteminde C ve D akslarında meydana gelen kolon-kiriş birleşimi, guselerin yerleşimi ve prekast döşeme birer kolon ve kiriş üzerinden Şekil 4.17’de gösterilmiştir.



Şekil 4.17: Guseli kiriş binası kiriş-kolon birleşimi.

Guseli giriş binası için, etkin görelî kat ötelemesi kontrolü yapılmıştır. X doğrultusu için maksimum etkin görelî kat ötelemesi hesap değeri 0,0048, Y doğrultusu için ise yine 0,0048 olarak hesaplanmıştır. Etkin görelî kat ötelemesi sınır değeri 0,016'dır. Bu sebeple görelî kat ötelemesi kontrolü başarılı sonuçlanmıştır.

Guseli giriş binası için, A1 burulma düzensizliği kontrolü yapılmıştır. X doğrultusu için maksimum burulma düzensizliği katsayısı 1,1, Y doğrultusu için ise 1,18 olarak hesaplanmıştır. Burulma düzensizliği katsayısı sınır değeri 1,2'dir. Bu sebeple burulma düzensizliğine rastlanmamıştır.

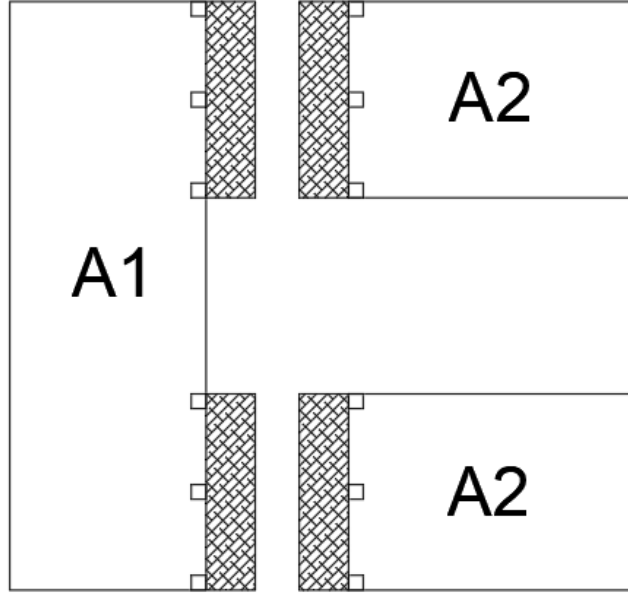
Guseli giriş binası için, B2 düzensizliği kontrolü yapılmıştır. X doğrultusu için maksimum rijitlik düzensizliği katsayısı 1,94, Y doğrultusu için ise yine 1,94 olarak hesaplanmıştır. Rijitlik düzensizliği katsayısı sınır değeri 2'dir. Bu sebeple rijitlik düzensizliğine rastlanmamıştır.

Guseli giriş binası için, ikinci mertebeye etkileri kontrolü yapılmıştır. X doğrultusu için maksimum ikinci mertebeye gösterge değeri 0,033, Y doğrultusu için ise 0,032 olarak hesaplanmıştır. İkinci mertebeye gösterge değeri sınır değeri 0,09'dur. Bu sebeple ikinci mertebeye etkileri hesaplamalara dahil edilmemiştir.

A2, A3, B1 ve B3 düzensizlikleri modellenen binalarda bulunmamaktadır.

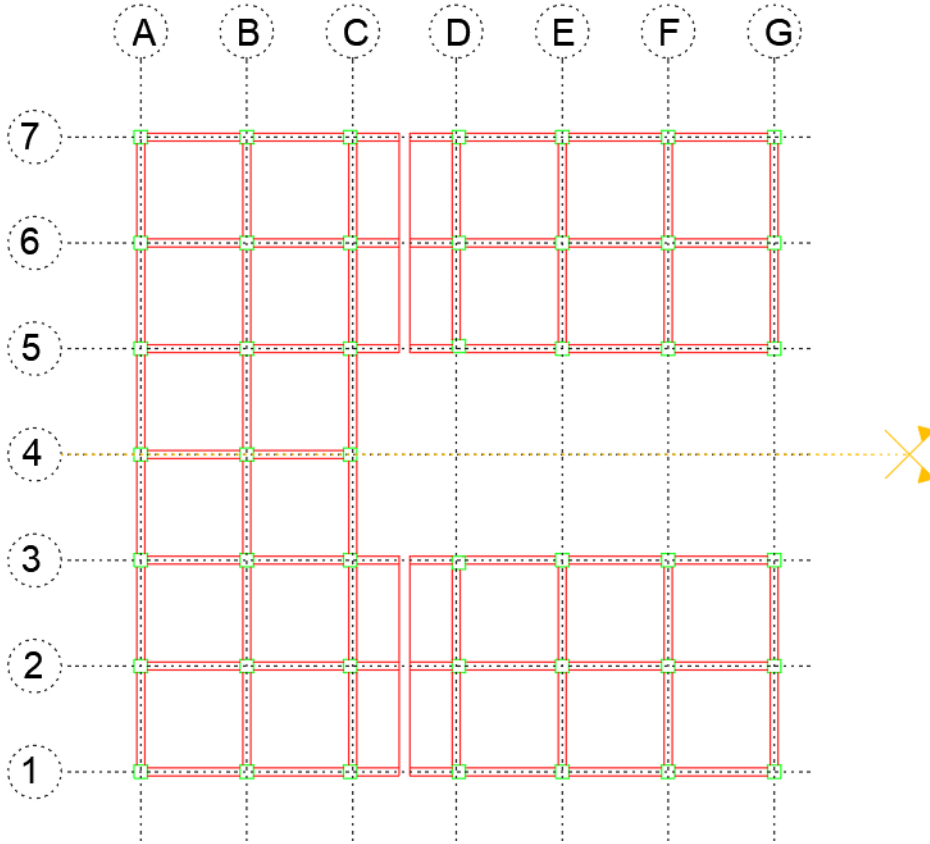
4.5 Konsol Giriş Yöntemi

Konsol giriş yöntemi sonucunda, tıpkı çift kolon yönteminde olduğu gibi birbirinden bağımsız hareket edebilen iki farklı bina meydana gelmektedir. Bu binalar A1 ve A2 olarak isimlendirilmiştir. Binalarda konsol girişli döşemeler kullanılmıştır. Konsol giriş yöntemi sonucu meydana gelen A1 ve A2 binaları Şekil 4.18'de gösterilmiştir.



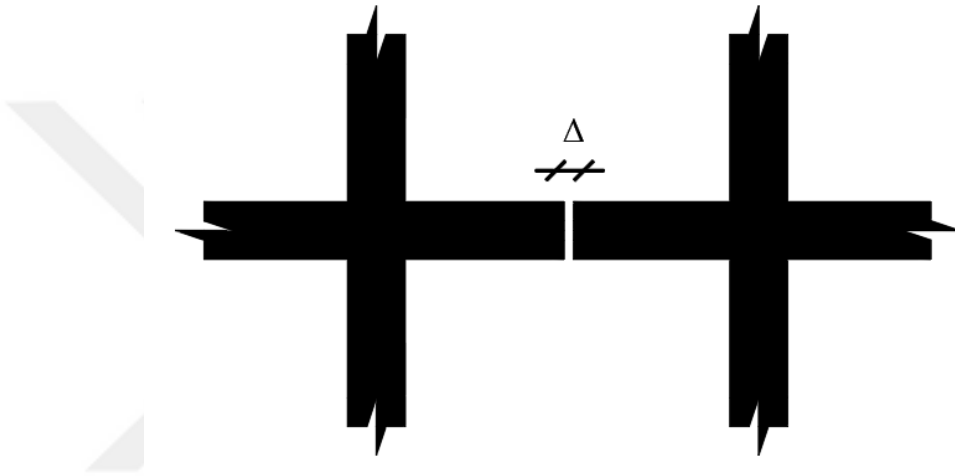
Şekil 4.18: A1 ve A2 binaları yerleşim planı.

Temel binaya konsol kiriş yöntemi uygulandığında meydana gelen konsol kiriş binasının plan görüntüsü Şekil 4.19’da gösterilmiştir.



Şekil 4.19: Konsol kiriş binası plan görüntüsü.

Konsol kiriş yönteminde, C ve D akslarındaki kirişlere tutunan konsolların arasında belirli bir mesafe bırakılması gerekmektedir. Bu mesafenin (Δ) ne kadar olacağı A1 ve A2 binalarının ayrı ayrı modellenmeleri sonucu oluşan kat ötelemelerine göre belirlenmektedir. (Δ) mesafesi, A1 ve A2 binalarının en üst katında oluşan maksimum kat ötelemelerinin toplamından büyük olmak zorundadır. Yapılan hesaplamalar soucu A1 binası en üst kat için maksimum öteleme 44,28 mm; A2 binası maksimum öteleme 31,13 mm olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak Şekil 4.20’de gösterilen (Δ) mesafesi 80 mm olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.20: Konsol kiriş binası kiriş-kolon birleşimi.

Konsol kiriş A1 ve konsol kiriş A2 binası için, etkin görelî kat ötelemesi kontrolü yapılmıştır. A1 binasının X doğrultusu için maksimum etkin görelî kat ötelemesi hesap değeri 0,0053, Y doğrultusu için ise 0,0041 olarak hesaplanmıştır. A2 binasının X doğrultusu için maksimum etkin görelî kat ötelemesi hesap değeri 0,0040, Y doğrultusu için ise 0,0044 olarak hesaplanmıştır. Etkin görelî kat ötelemesi sınır değeri 0,016’dır. Bu sebeple görelî kat ötelemesi kontrolü başarılı sonuçlanmıştır.

Konsol kiriş A1 ve konsol kiriş A2 binası için, A1 burulma düzensizliği kontrolü yapılmıştır. A1 binasının X doğrultusu için maksimum burulma düzensizliği katsayısı 1,18, Y doğrultusu için ise 1,07 olarak hesaplanmıştır. A2 binasının X doğrultusu için maksimum burulma düzensizliği katsayısı 1,04, Y doğrultusu için ise 1,06 olarak hesaplanmıştır. Burulma düzensizliği katsayısı sınır değeri 1,2’dir. Bu sebeple burulma düzensizliğine rastlanmamıştır.

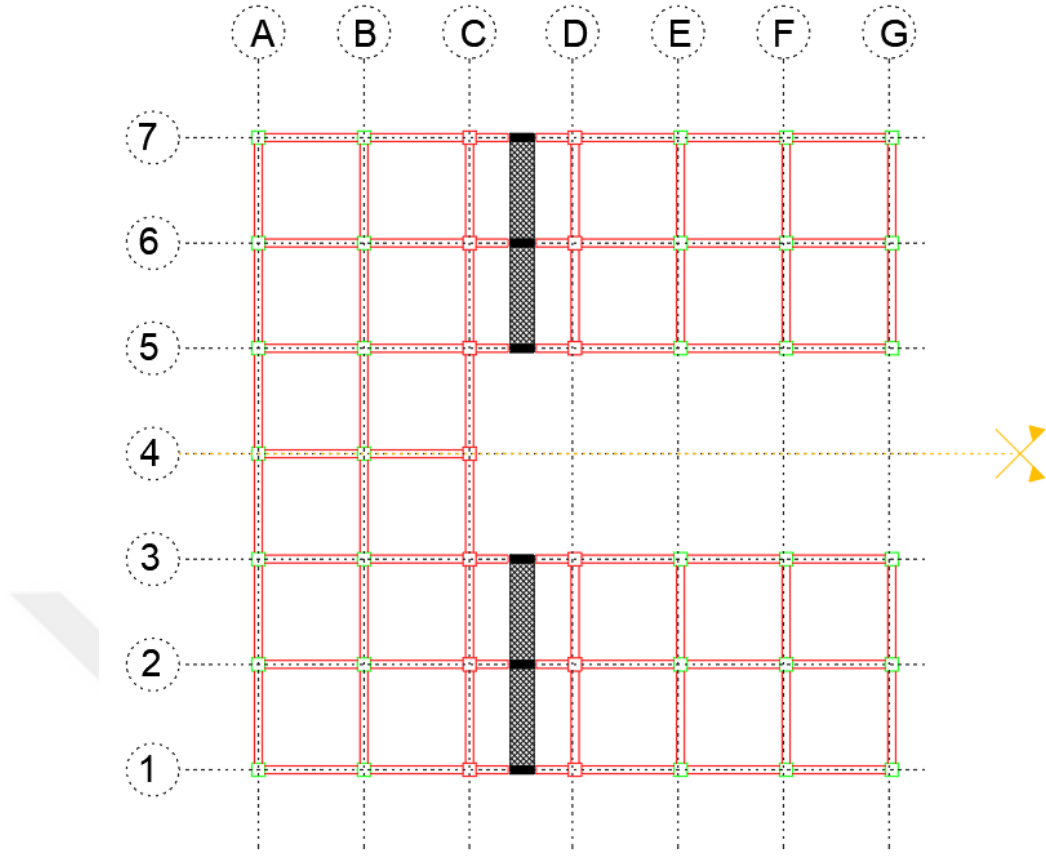
Konsol kiriş A1 ve konsol kiriş A2 binası için, B2 düzensizliği kontrolü yapılmıştır. A1 binasının X doğrultusu için maksimum rijitlik düzensizliği katsayısı 1,97, Y doğrultusu için ise 1,95 olarak hesaplanmıştır. A2 binasının X doğrultusu için maksimum rijitlik düzensizliği katsayısı 1,89, Y doğrultusu için ise 1,93 olarak hesaplanmıştır. Rijitlik düzensizliği katsayısı sınır değeri 2'dir. Bu sebeple rijitlik düzensizliğine rastlanmamıştır.

Konsol kiriş A1 ve konsol kiriş A2 binası için, ikinci mertebe etkileri kontrolü yapılmıştır. A1 binasının X doğrultusu için maksimum ikinci mertebe gösterge değeri 0,036, Y doğrultusu için ise 0,029 olarak hesaplanmıştır. A2 binasının X doğrultusu için ikinci mertebe gösterge değeri 0,029, Y doğrultusu için ise 0,034 olarak hesaplanmıştır. İkinci mertebe gösterge değeri sınır değeri 0,09'dur. Bu sebeple ikinci mertebe etkileri hesaplamalara dahil edilmemiştir.

A2, A3, B1 ve B3 düzensizlikleri modellenen binalarda bulunmamaktadır.

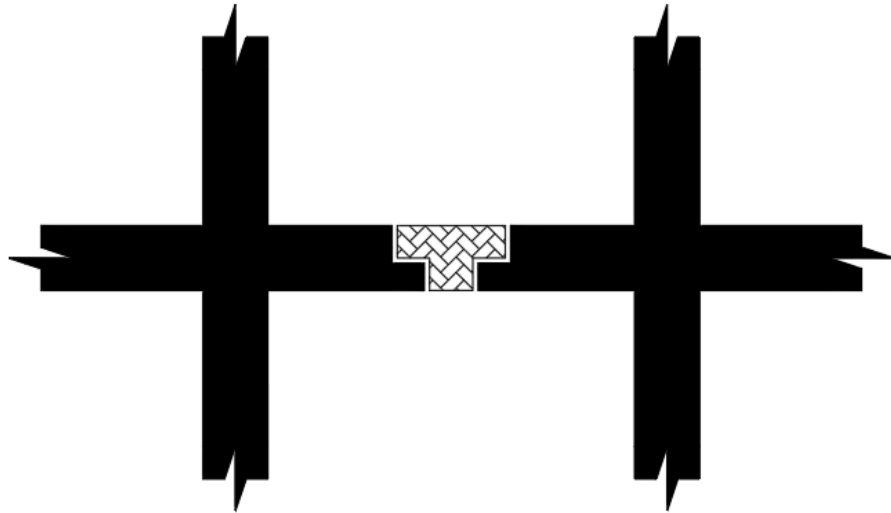
4.6 Gerber Kirişi Yöntemi

Temel binada A3 düzensizliğini ortadan kaldırmak için gerber kirişi yöntemi uygulanmıştır. Bu uygulamada hem konsol kirişler ve döşemeler hem de prekast kirişler ve döşemeler kullanılmıştır. C ve D akslarında bulunan kirişlere tutunan konsol döşemeler bulunmaktadır. Buna ek olarak C ve D akslarından uzanan konsolları birbirine bağlayan prekast gerber kirişleri bulunmaktadır. Gerber kirişleri, konsollar arasında moment aktarımı sağlamazken eksenel yüklerin ve kayma yüklerinin aktarımını sağlamaktadır. Gerber kirişi yöntemi sonucu oluşan gerber kirişi binasının planı Şekil 4.21'de gösterilmiştir.



Şekil 4.21: Gerber kirişi binası plan görüntüsü.

Gerber kirişi binasının C ve D aksları arasında kalan konsollar ve gerber kirişi Şekil 4.22’de gösterilmiştir.



Şekil 4.22: Gerber kirişi binası kolon-kiriş birleşimi.

Gerber kirişı binası için, etkin görelî kat ötelemesi kontrolü yapılmıştır. X doğrultusu için maksimum etkin görelî kat ötelemesi hesap değeri 0,0046, Y doğrultusu için ise yine 0,0046 olarak hesaplanmıştır. Etkin görelî kat ötelemesi sınır değeri 0,016'dır. Bu sebeple görelî kat ötelemesi kontrolü başarılı sonuçlanmıştır.

Gerber kirişı binası için, A1 burulma düzensizliğı kontrolü yapılmıştır. X doğrultusu için maksimum burulma düzensizliğı katsayısı 1,1, Y doğrultusu için ise 1,19 olarak hesaplanmıştır. Burulma düzensizliğı katsayısı sınır değeri 1,2'dir. Bu sebeple burulma düzensizliğıne rastlanmamıştır.

Gerber kirişı binası için, B2 düzensizliğı kontrolü yapılmıştır. X doğrultusu için maksimum rijitlik düzensizliğı katsayısı 1,94, Y doğrultusu için ise yine 1,94 olarak hesaplanmıştır. Rijitlik düzensizliğı katsayısı sınır değeri 2'dir. Bu sebeple rijitlik düzensizliğıne rastlanmamıştır.

Gerber kirişı binası için, ikinci mertebe etkileri kontrolü yapılmıştır. X doğrultusu için maksimum ikinci mertebe gösterge değeri 0,031, Y doğrultusu için ise 0,030 olarak hesaplanmıştır. İkinci mertebe gösterge değeri sınır değeri 0,09'dur. Bu sebeple ikinci mertebe etkileri hesaplamalara dahil edilmemiştir.

A2, A3, B1 ve B3 düzensizlikleri modellenen binalarda bulunmamaktadır.

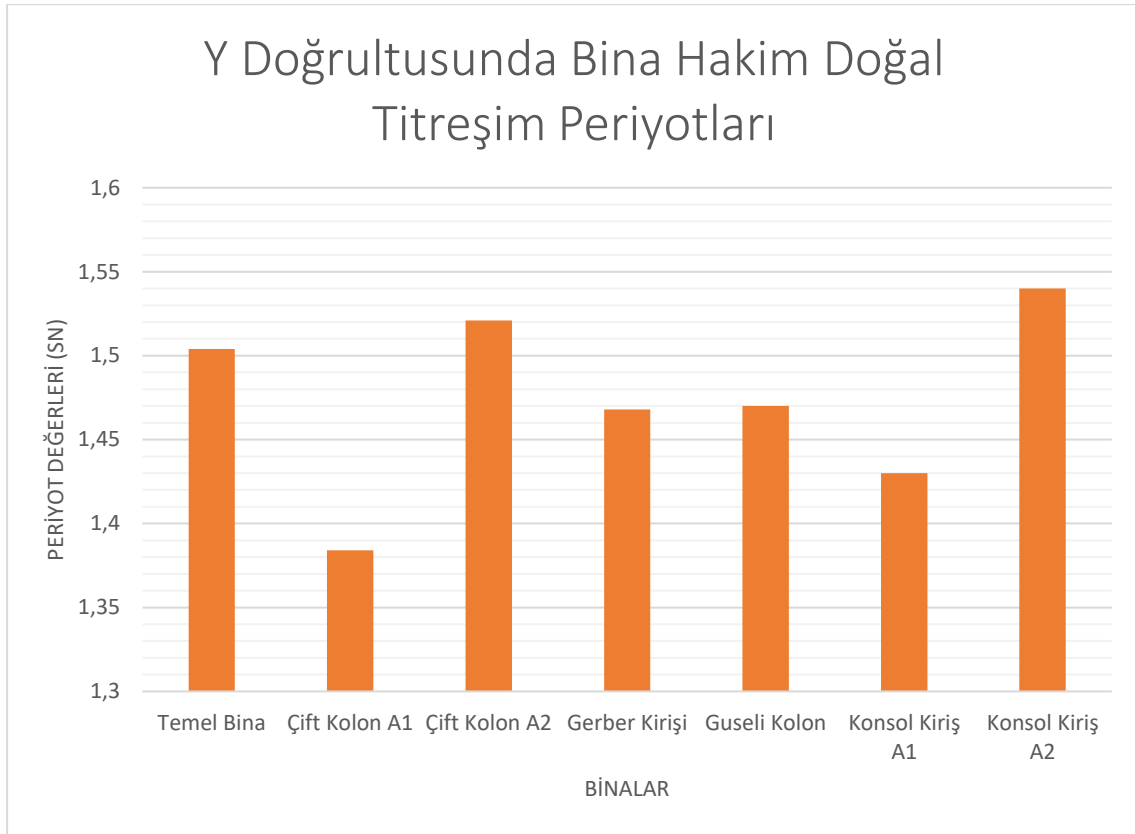
5. KARŞILAŞTIRMALAR

5.1 Binaların Periyotlarının Karşılaştırılması

Binaların, titreşim sonucu iki yönde de yer değiştirmesini yaptıktan sonra eski haline geri dönmesine kadar geçen süreye periyot denir. Yapının sünekliği ve kütlesi periyodu etkileyen en önemli etkenlerdendir. Çünkü periyot yapının kütlesiyle ivmesinin çarpımından elde edilmektedir. Rijit yapıların periyodu sünek yapılara göre daha azdır çünkü sünek yapılar rijit yapılara göre daha fazla yer değiştirme yeteneğine sahiptir. Periyodu yüksek olan yapıların tepe noktasındaki deplasmanları daha yüksektir. Şekil 5.1’de binaların X doğrultusunda oluşan periyotları, Şekil 5.2’de ise binaların Y doğrultusunda oluşan periyotları verilmiştir.



Şekil 5.1: X doğrultusunda bina periyodu.



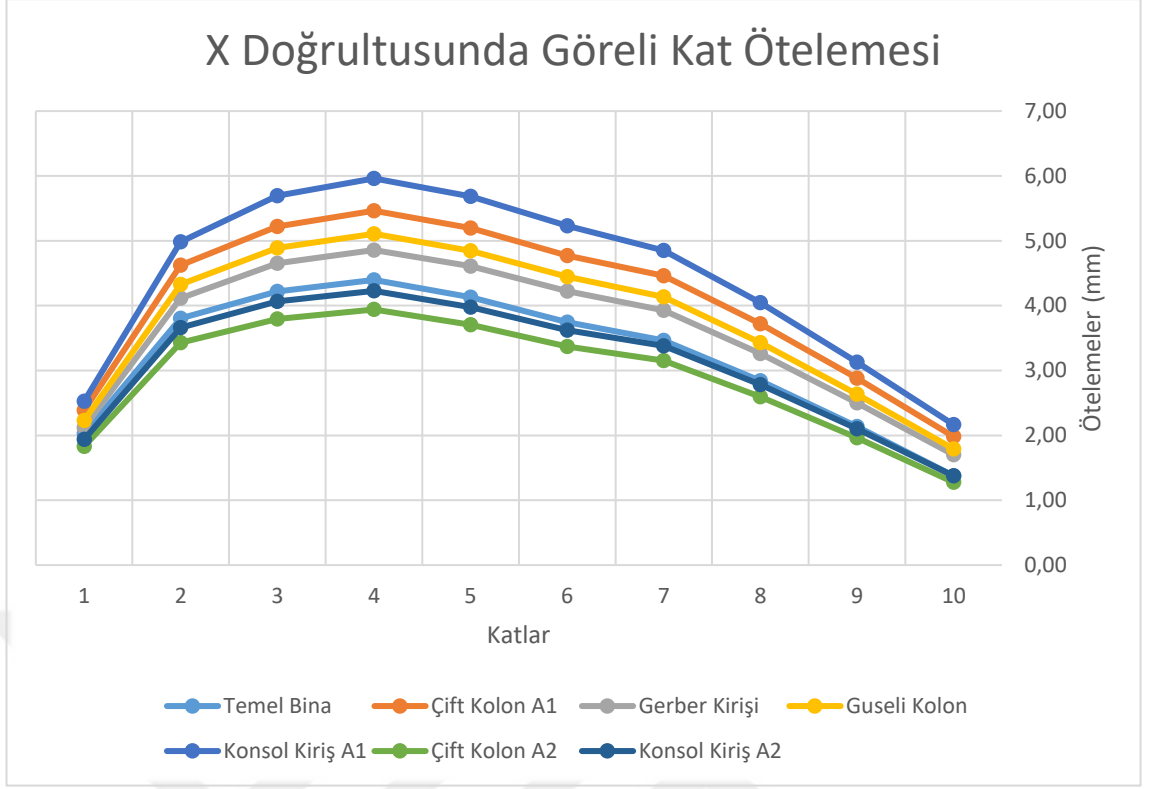
Şekil 5.2: Y doğrultusunda bina periyodu.

X doğrultusunda bina periyotları incelendiğinde en rijit bina çift kolon A2, en sünek bina ise konsol kiriş A1 binasıdır. Çünkü binaların A3 türü düzensizliğini gidermek amacıyla Y doğrultusunda binalar birbirinden ayrılmıştır.

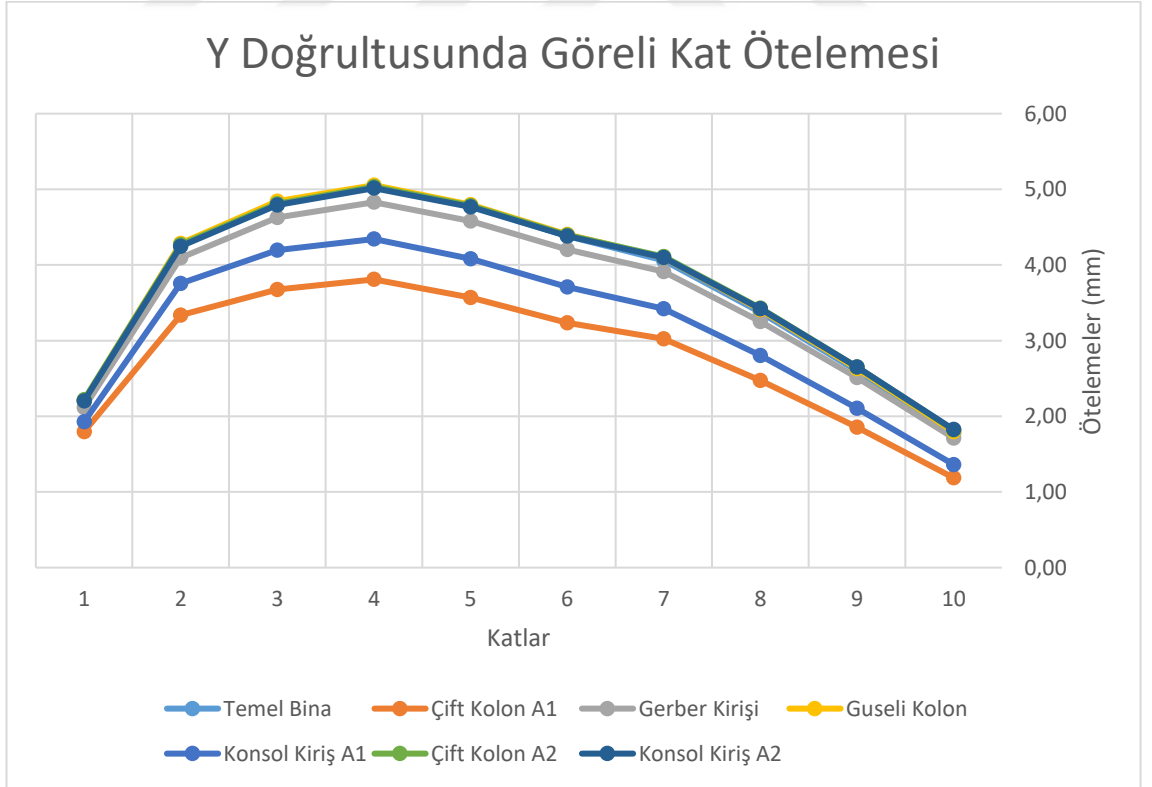
Y doğrultusunda bina periyotları incelendiğinde en rijit çift kolon A1 binası, en sünek bina ise konsol kiriş A2 binasıdır. Çünkü çift kolon A1 binası dilatasyonla ayrıldıktan sonra Y doğrultusunda daha rijit bir yapıya dönüşmüştür.

5.2 Binaların Görelî Kat Ötelemelerinin Karşılaştırılması

Deprem yükleri altında binalar belirli ötelemeler yapmaktadır. Ötelemeler en alt kattan en üste doğru artarak ilerler çünkü eşdeğer deprem yükleri üst katlara gittikçe artmaktadır. Binaların herhangi bir katında oluşan ötelemenin bir alttaki katın ötelemesiyle arasındaki farka görelî kat ötelemesi denir. Şekil 5.3'te binaların X doğrultusunda oluşan görelî kat ötelemeleri, Şekil 5.4'te ise binaların Y doğrultusunda oluşan görelî kat ötelemeleri verilmiştir.



Şekil 5.3: X doğrultusunda göreli kat ötelemesi.

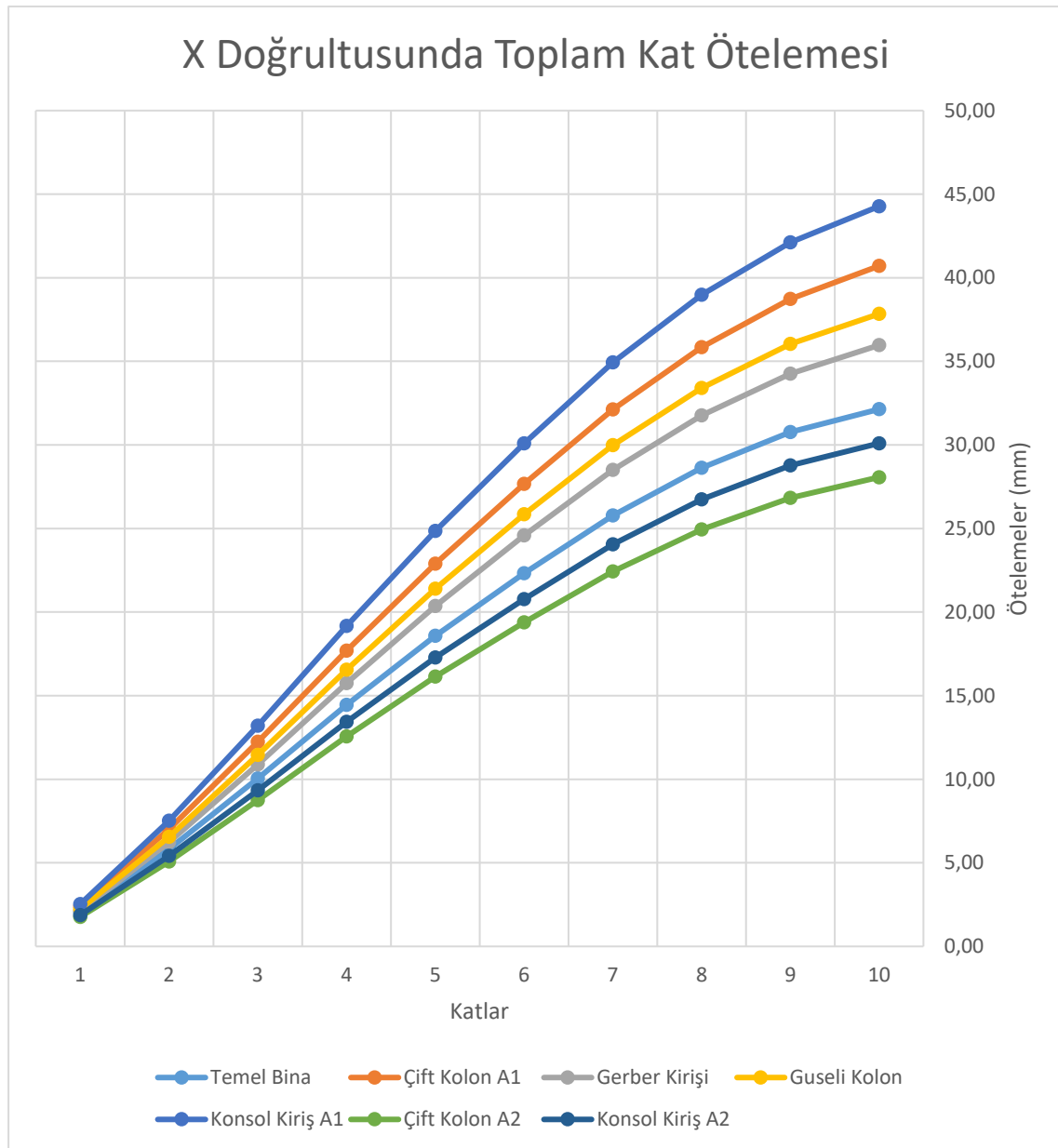


Şekil 5.4: Y doğrultusunda göreli kat ötelemesi.

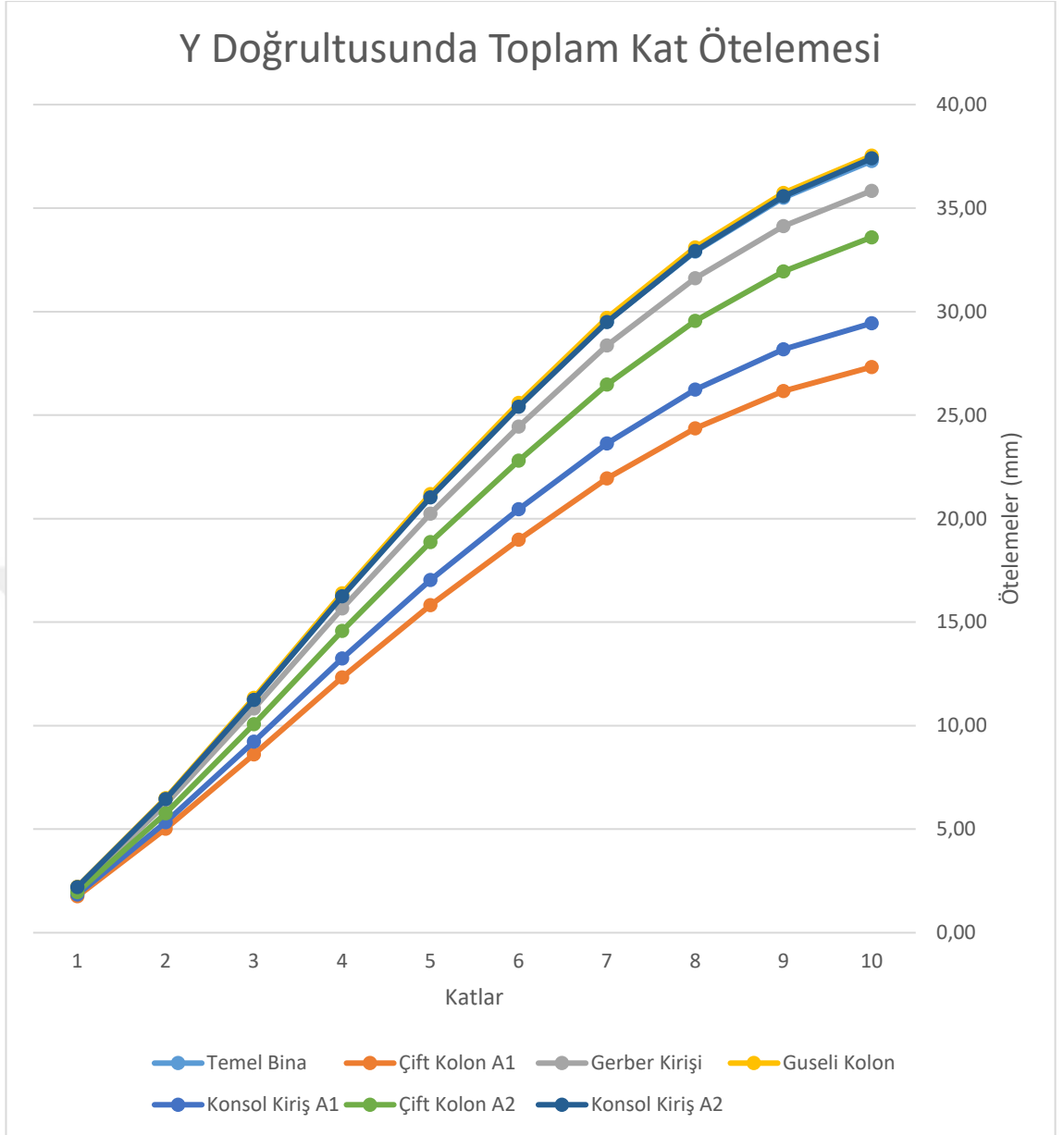
X ve Y doğrultusunda görel kat ötelemeleri incelendiğinde X doğrultusundaki görel ötelemeler ile X doğrultusundaki periyot değerleri, Y doğrultusundaki ötelemeler ile Y doğrultusundaki periyot değerleri paralellik göstermektedir.

5.3 Binaların Kat Ötelemelerinin Karşılaştırılması

Binalarda her kat belirli bir yer değiştirme yapar. Bu yer değiştirmeye o katın kat ötelemesi denir. Kat ötelemeleri üst katlara çıktıkça artar. Şekil 5.5'te X doğrultusunda oluşan, Şekil 5.6'da ise Y doğrultusunda oluşan kat ötelemeleri verilmiştir.



Şekil 5.5: X doğrultusunda toplam kat ötelemesi.

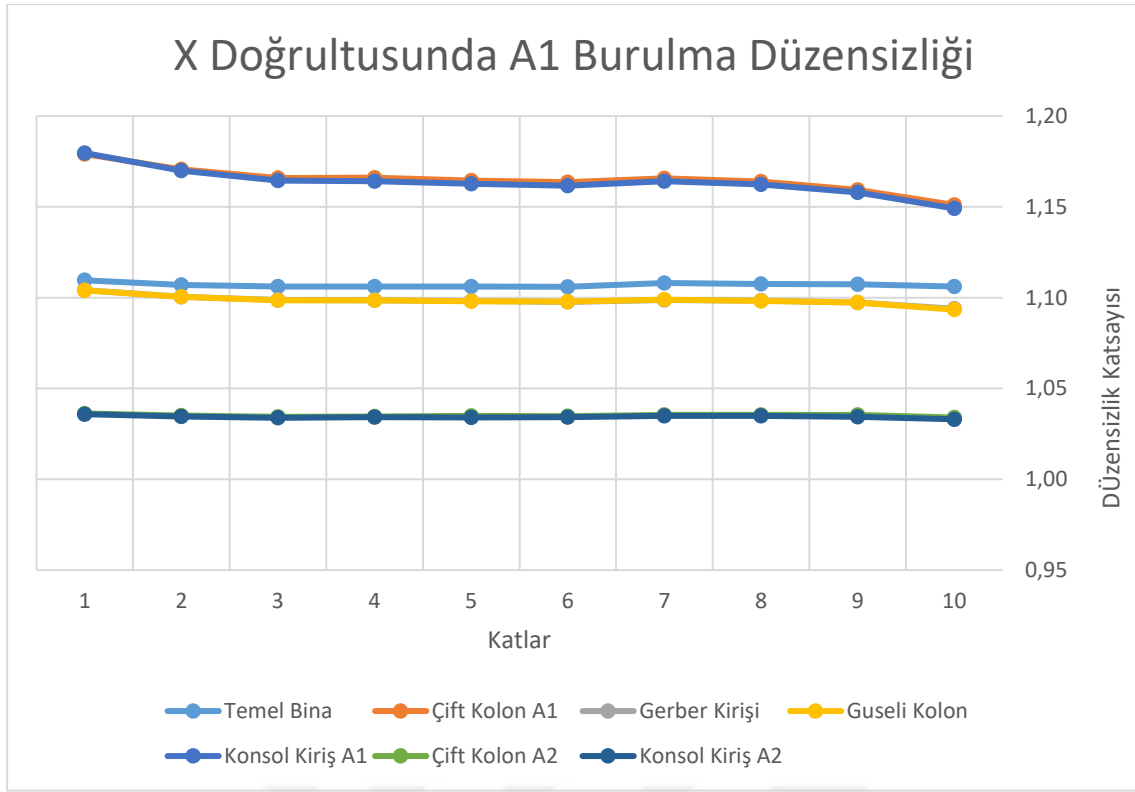


Şekil 5.6: Y doğrultusunda toplam kat ötelemesi.

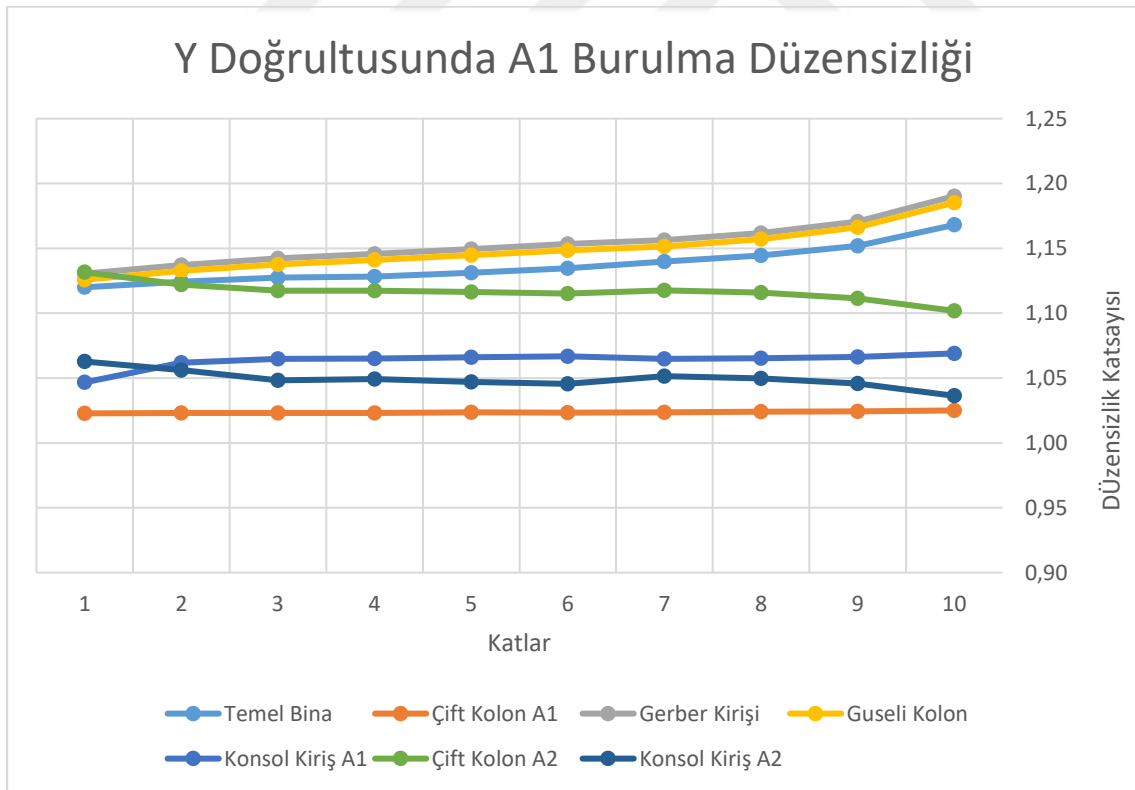
X ve Y doğrultusundaki toplam ötelemeler ile periyot değerleri birbirine paralel hareket etmektedir. Periyot değeri ne kadar yüksekse toplam öteleme değeri de o kadar yüksek olmaktadır.

5.4 Binaların A1 Burulma Düzensizliklerinin Karşılaştırılması

Burulma binaların herhangi bir katında meydana gelen maksimum göreceli kat ötelemesinin o kattaki ortalama göreceli kat ötelemesine oranlanmasıyla elde edilir. Şekil 5.7’de X doğrultusunda, Şekil 5.8’de ise Y doğrultusunda binaların burulma düzensizliği katsayıları verilmiştir.



Şekil 5.7: X doğrultusunda A1 burulma düzensizliği.

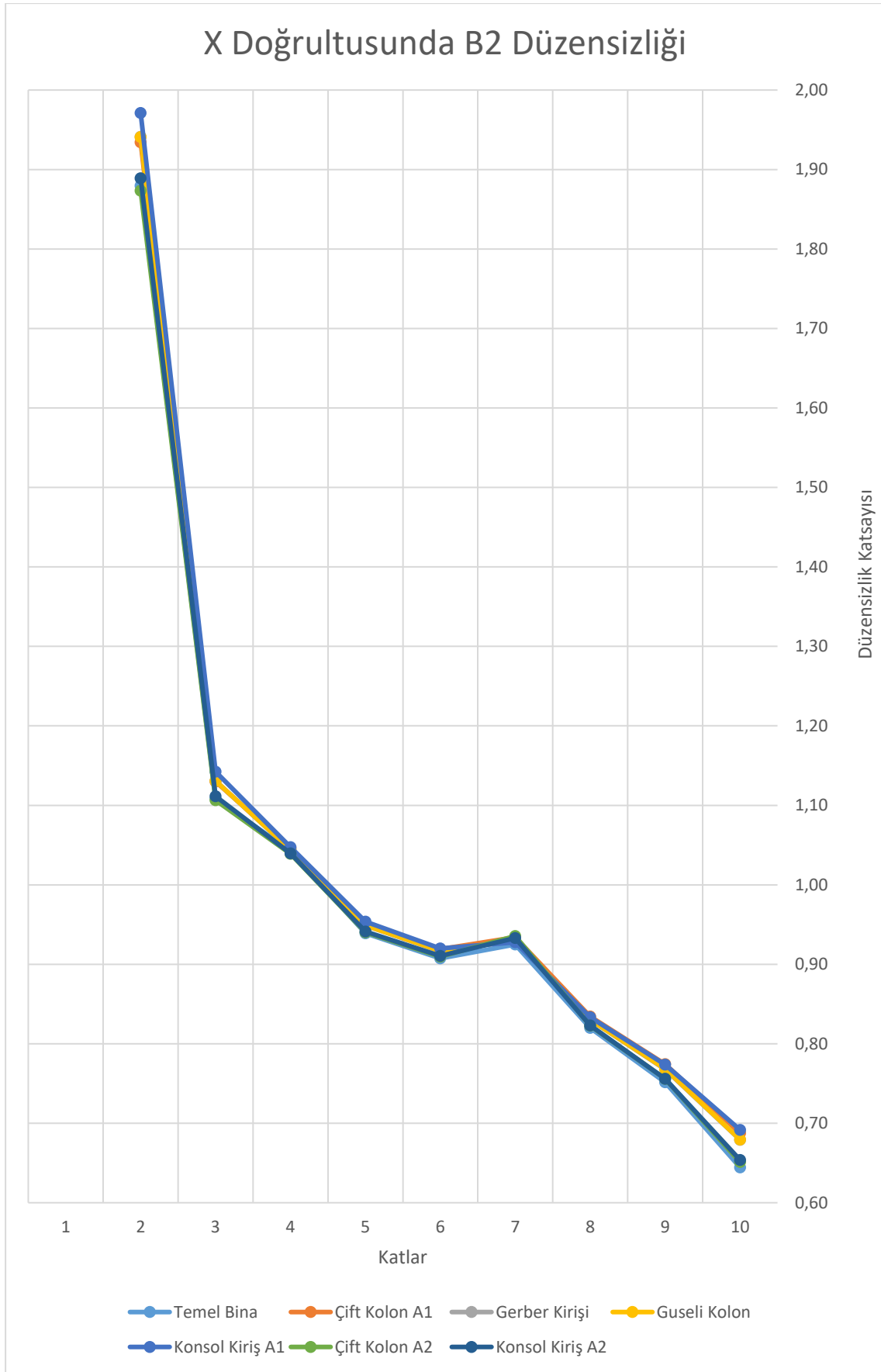


Şekil 5.8: Y doğrultusunda A1 burulma düzensizliği.

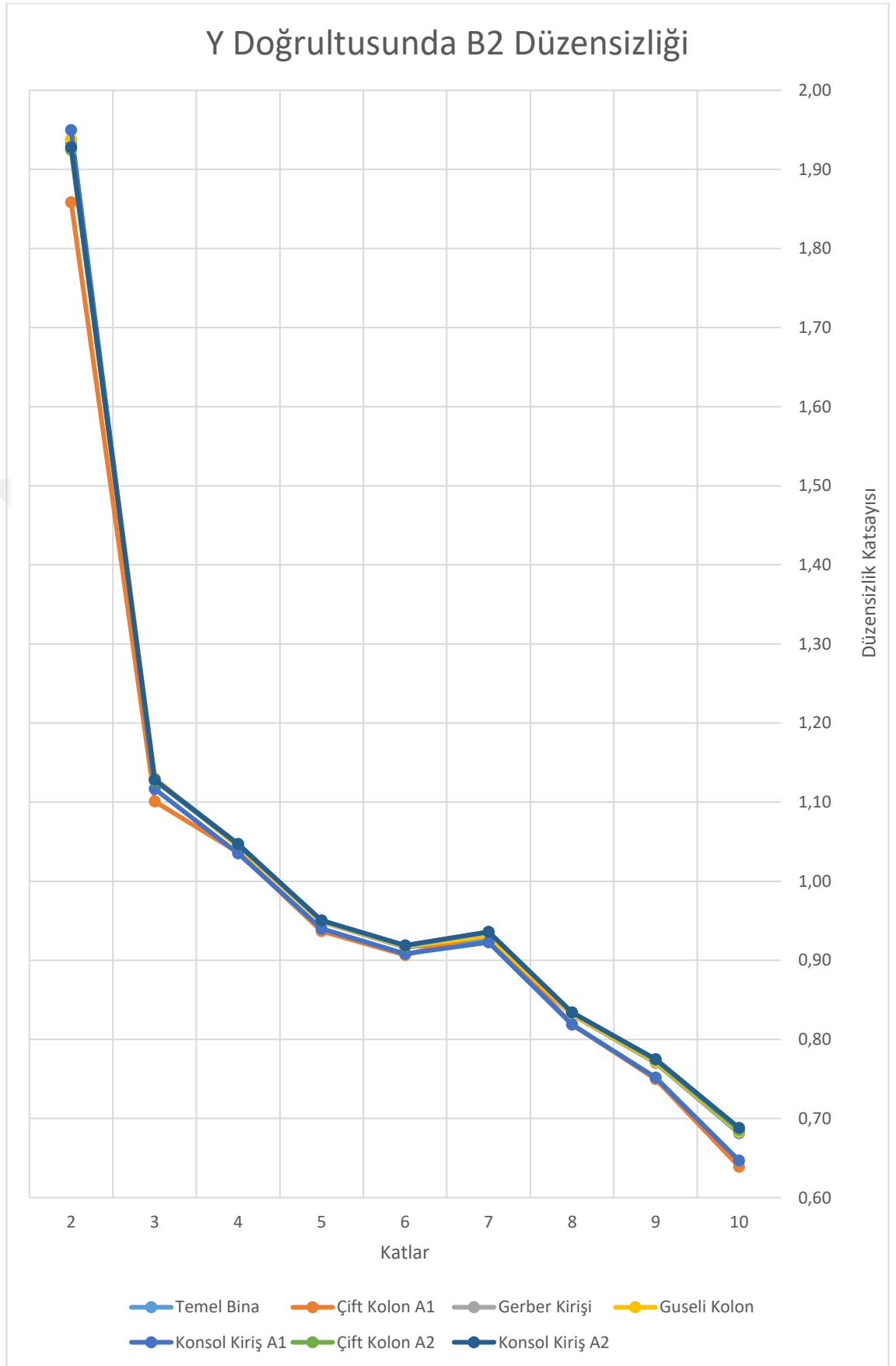
Burulma düzensizliği binaların kendi iç dengesiyle ölçülen bir değerdir. Binanın katlarının deprem esnasında beraber hareket edebilme yeteneğidir. X doğrultusunda burulma düzensizliği incelendiğinde konsol kiriş A2 binası en az burulma gösterirken çift kolon A1 binası en fazla burulma göstermektedir. Y doğrultusunda burulma düzensizliği incelendiğinde ise çift kolon A1 binası en az burulma gösterirken gerber kirişi yöntemi en fazla burulma göstermektedir.

5.5 Binaların B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliklerinin Karşılaştırılması

Binalarda meydana gelen görelî kat ötelemelerinin bir alt veya bir üst kattaki görelî kat ötelemesine oranı ile B2 düzensizliği belirlenir. Şekil 5.9'da X doğrultusunda, Şekil 5.10'da ise Y doğrultusunda B2 düzensizliği katsayıları verilmiştir.



Şekil 5.9: X doğrultusunda B2 düzensizliği.

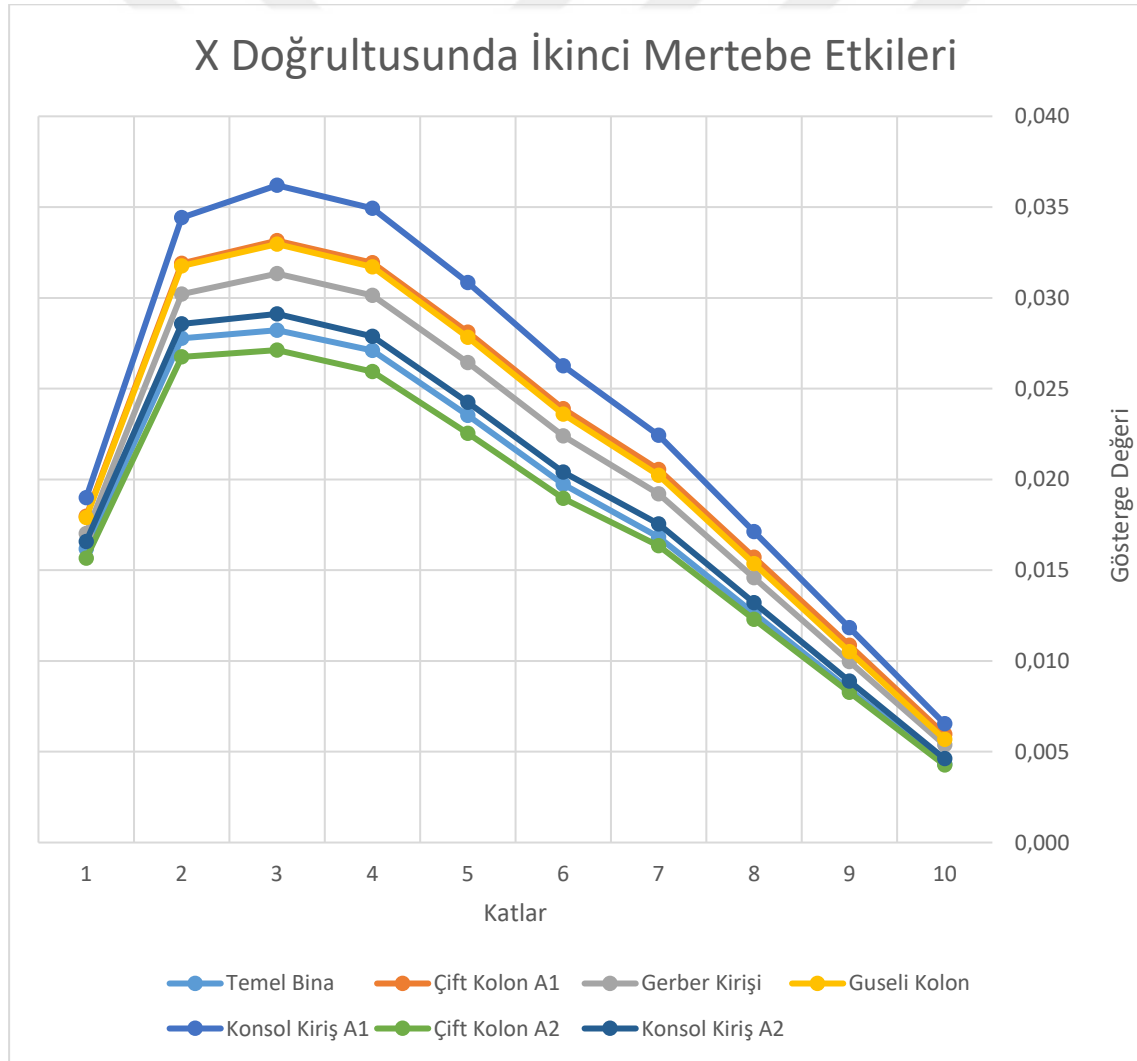


Şekil 5.10: Y doğrultusunda B2 düzensizliği.

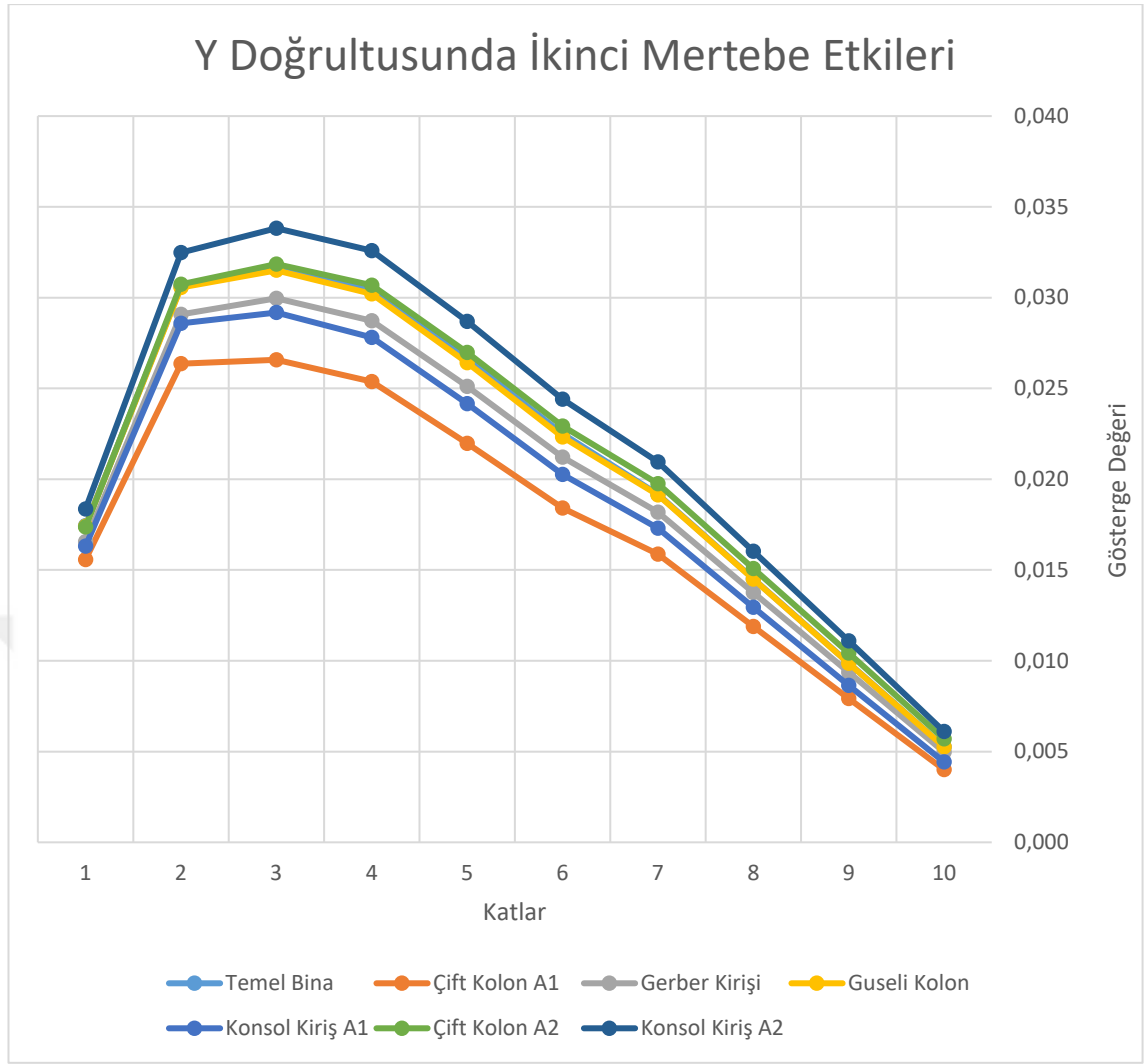
Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği incelendiğinde hem X doğrultusunda hem de Y doğrultusunda binalar arasında pek fazla farklılık oluşmamaktadır. Bunun sebebi binaların hepsinde aynı kolon, kiriş ve döşeme boyutlarının kullanılmasıdır.

5.6 Binalarda Meydana Gelen İkinci Mertebe Etkilerinin Karşılaştırılması

Binalarda kolon eksenlerinde oluşan yer değiştirmeler sonucunda kolonların eksenlerinde yer değiştirmeler oluşmaktadır. Kolon eksenlerinde oluşan bu yer değiştirmeler sonucu eksantrisite oluşur. Binaya etkiyen düşey yükler eksantrisite etkisiyle ile ikincil momentler oluştururlar. Oluşan momentler toplam moment artışına sebep olurlar. Bu artışa ikinci mertebe etkisi denir. Şekil 5.11’de binaların X doğrultusunda, Şekil 5.12’de ise Y doğrultusunda ikinci mertebe etkileri verilmiştir.



Şekil 5.11: X doğrultusunda ikinci mertebe etkileri.



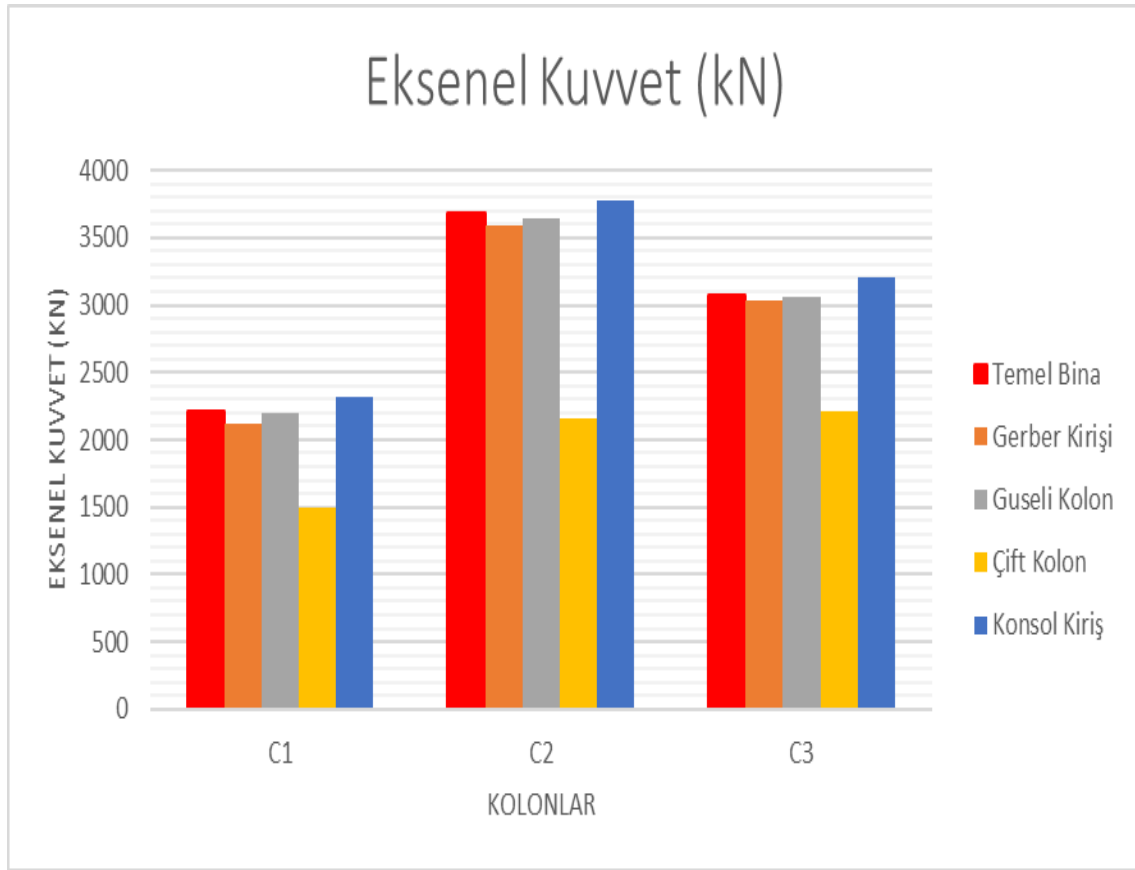
Şekil 5.12: Y doğrultusunda ikinci mertebe etkileri.

İkinci mertebe etkileri binalarında katlarında meydana gelen ortalama göreceli kat ötelemeleri ile doğru orantılı olarak değişiklik göstermektedir. Hem X hem de Y doğrultusunda ikinci mertebe etkileri en yüksek olan bina konsol kiriş binasıdır. X doğrultusunda ikinci mertebe etkisi en az olan çift kolon A2 binası iken Y doğrultusunda ise çift kolon A1 binasıdır.

5.7 Kolonlarda Oluşan İç Kuvvetlerin Karşılaştırılması

5.7.1 Eksenel kuvvet

Binaların dilatasyon bölgelerinde bulunan 1. kat kolonlarında meydana gelen eksenel yükler Şekil 5.13'te gösterilmiştir.

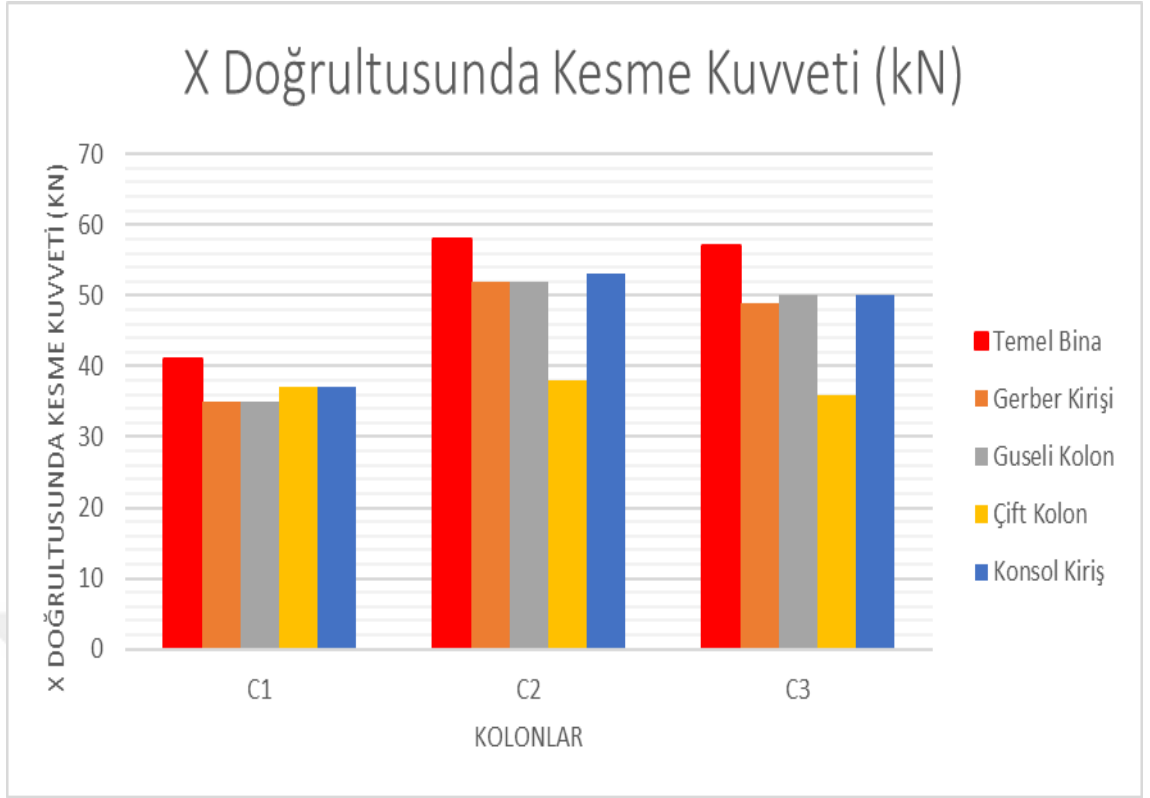


Şekil 5.13: Eksenel kuvvet (kN).

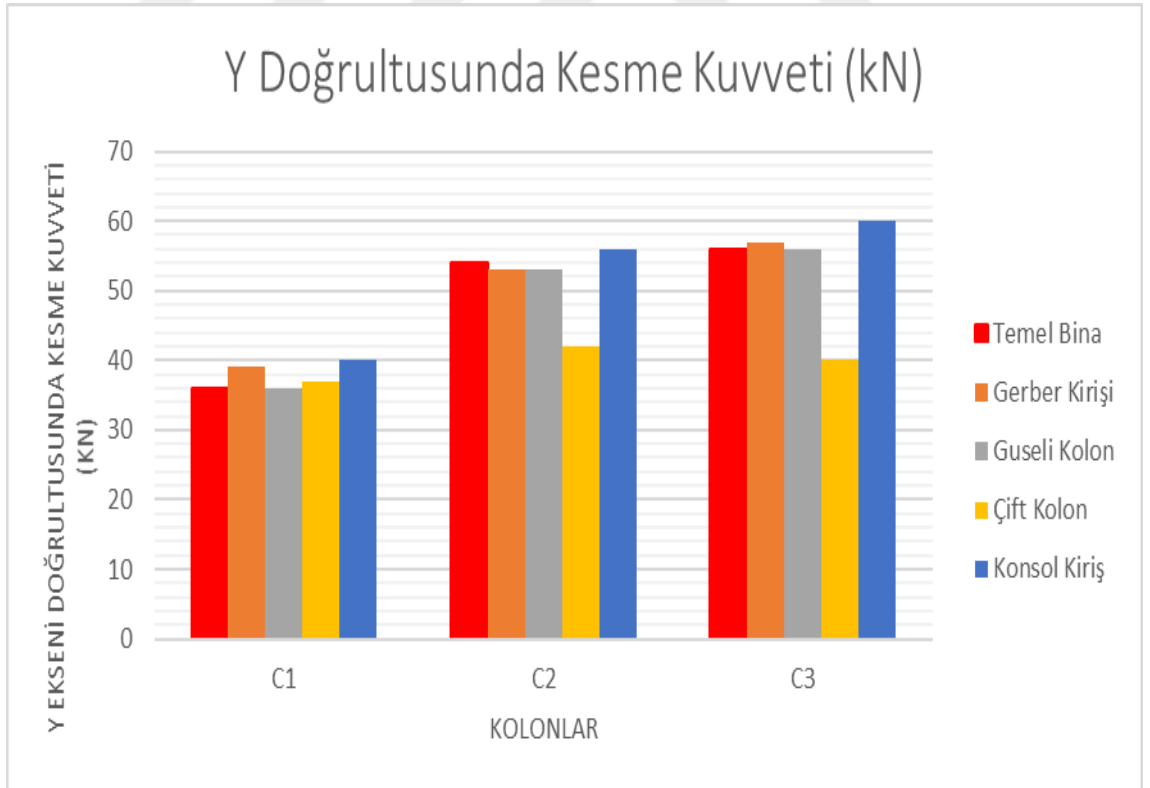
Çift kolon binası hariç diğer tüm binalarda eksenel kuvvet değerlerinin benzerlik gösterdiği görülmektedir. Bunun sebebi çift kolon yönteminde ekstra kolonlar kullanılmasıdır. Çift kolonlar, yükleri paylaştıkları için eksenel kuvvet diğerlerine göre daha az olmaktadır.

5.7.2 Kesme kuvveti

Binaların dilatasyon bölgesindeki kolonlarında oluşan kesme kuvvetleri X doğrultusu için Şekil 5.14'te, Y doğrultusu için ise Şekil 5.15'te gösterilmiştir.



Şekil 5.14: X doğrultusunda kesme kuvveti (kN).



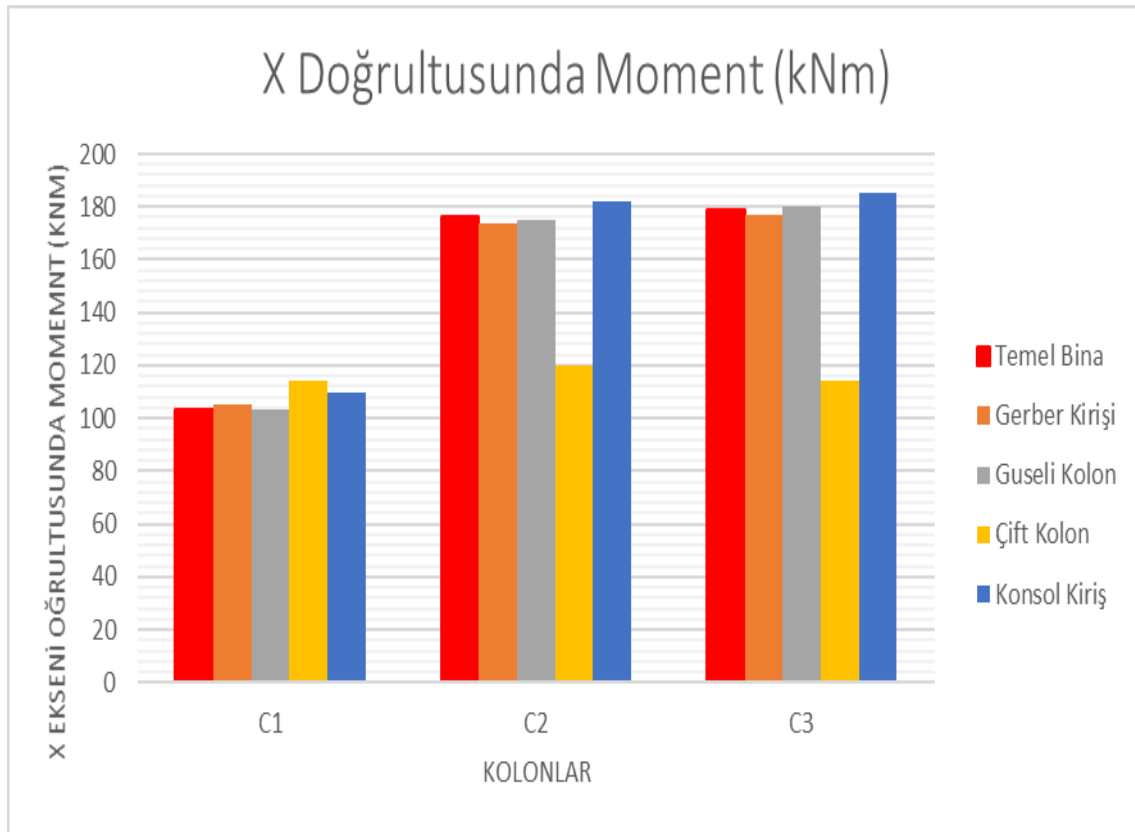
Şekil 5.15: Y doğrultusunda kesme kuvveti (kN).

X doğrultusunda kesme kuvvetleri incelendiğinde, dilatasyon yöntemi sonucu oluşan binalarda kesme kuvvetinin azaldığı görülmektedir. En fazla azalma ise çift kolon yönteminde görülmüştür. Bunun sebebi ekstra kolonlar eklenerek kolonlara gelen yük dağılımının azaltılmasıdır.

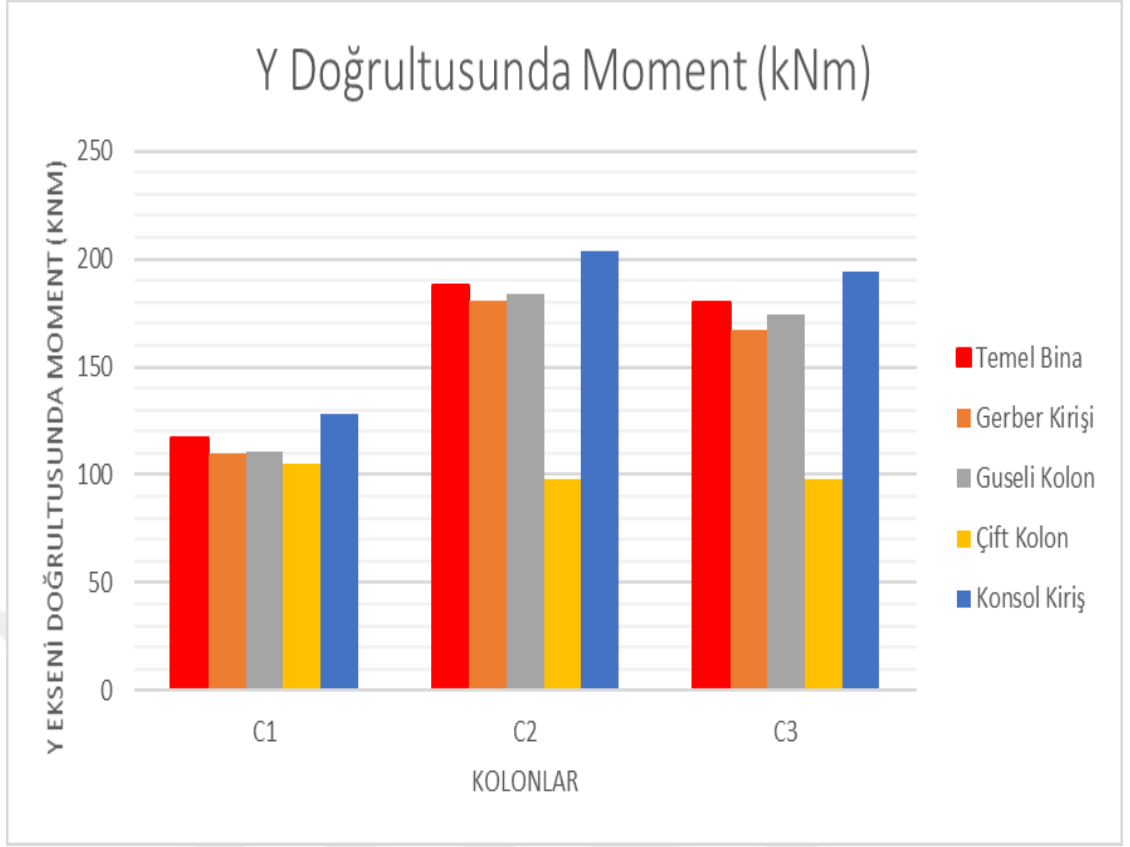
Y doğrultusunda kesme kuvvetleri incelendiğinde, çift kolon binasında ciddi azalma görülürken diğer binalarda çok sığ değişimler oluşmaktadır.

5.7.3 Eğilme momentleri

Binaların dilatasyon bölgesindeki kolonlarda meydana gelen moment değerleri X doğrultusu için Şekil 5.16’da Y doğrultusu için ise Şekil 5.17’de gösterilmiştir.



Şekil 5.16: X doğrultusunda moment (kNm).

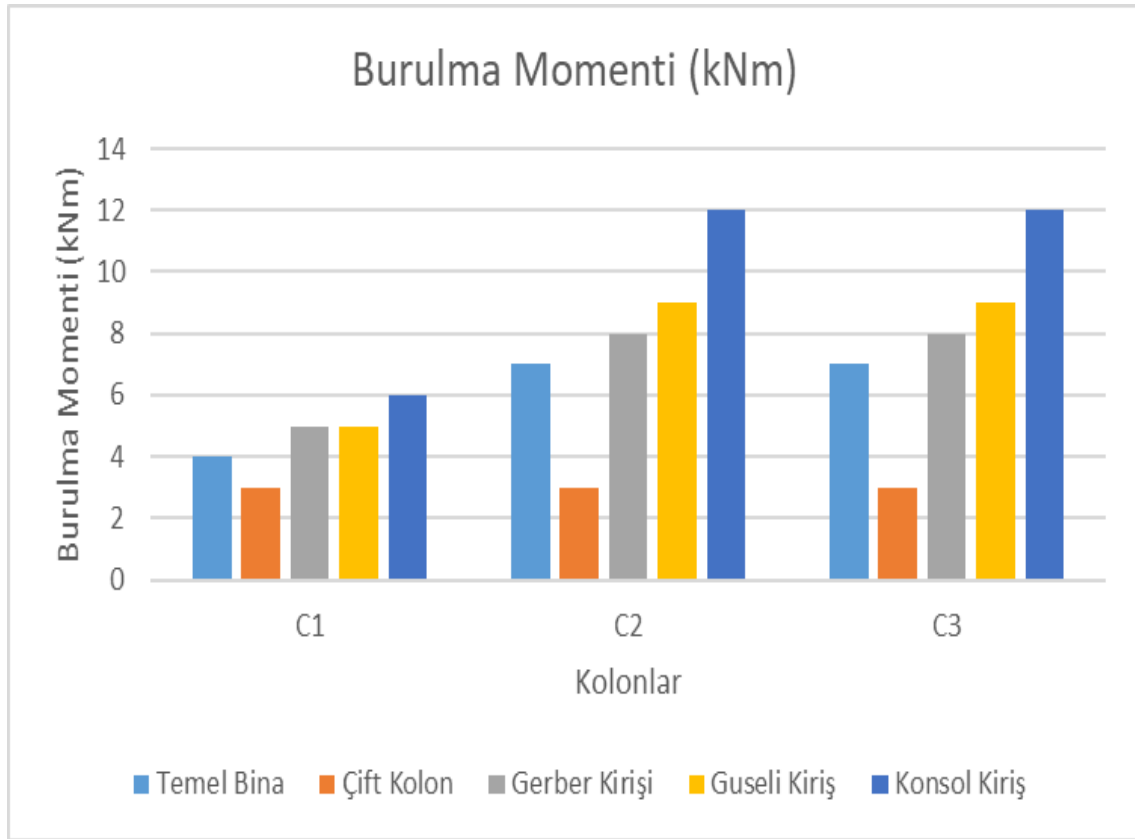


Şekil 5.17: Y doğrultusunda moment (kNm).

Hem X hem de Y doğrultusunda kolonlarda oluşan momentler incelendiğinde, temel bina, gerber kirişi binası, guseli giriş binası ve konsol giriş binası birbirine yakın değerler elde etmektedir. Çift kolon binası ise diğerlerine göre daha düşük moment değerlerine sahiptir.

5.7.4 Burulma momentleri

Kolonlarda Z eksenini etrafında etki eden momentlere burulma momentleri denir. Burulma momentleri deprem esnasında oluşan ve yapıya yıkıcı etki verebilen momentlerdir. Binaların dilatasyon bölgesindeki kolonlarda meydana gelen burulma momenti değerleri Şekil 5.18’de gösterilmiştir.

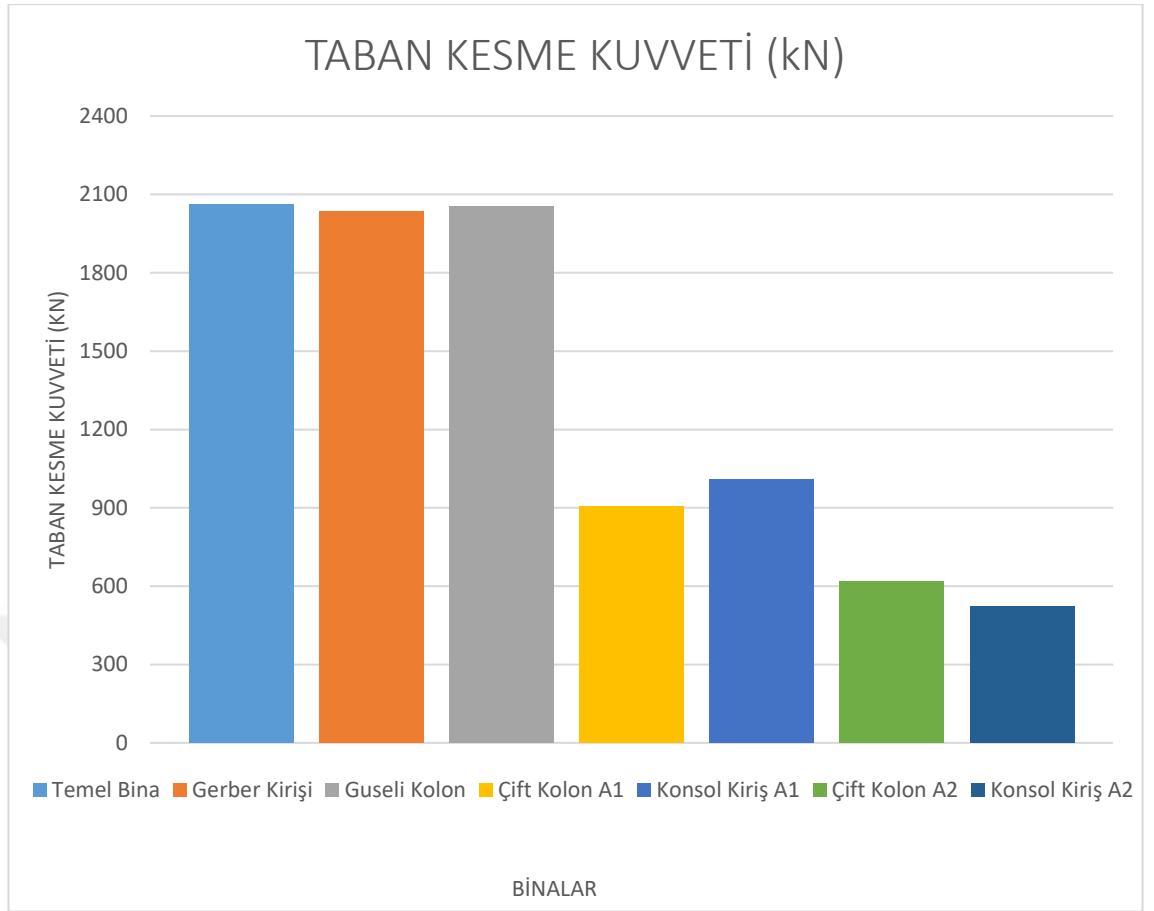


Şekil 5.18: Burulma momenti (kNm).

Burulma momenti değerleri incelendiğinde hiçbir sistemde çok yüksek değerler elde edilmediği görülmektedir. Temel binasına göre karşılaştırma yapıldığında en iyi sonucu çift kolon yönteminin verdiği görülmektedir.

5.8 Binaların Taban Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

Binaların deprem etkileri altında oluşan taban kesme kuvvetleri Şekil 5.19’da gösterilmiştir.

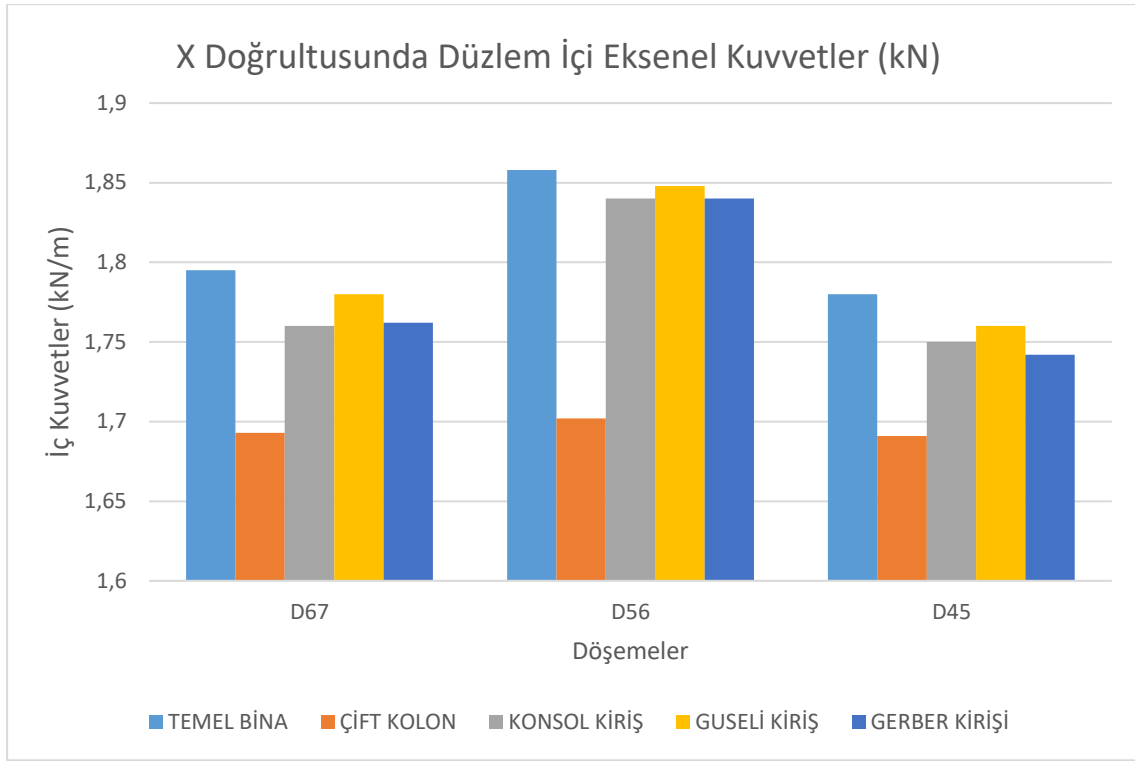


Şekil 5.19: Taban kesme kuvveti (kN).

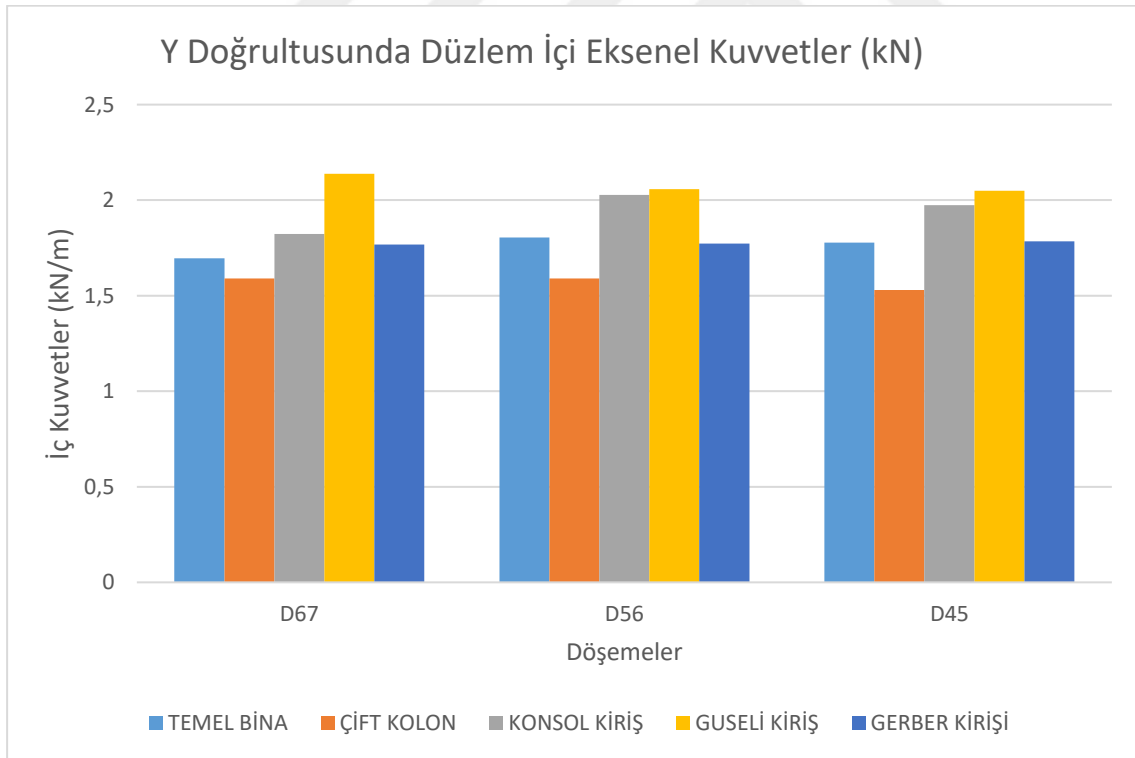
5 farklı bina için yapılan taban kesme kuvveti karşılaştırmasında, çift kolon binası ve konsol kiriş binası tam bağımsız iki yapı oluşturduğu için taban kesme kuvvetleri ayrı ayrı düşük çıkmaktadır.

5.9 Binaların Birinci Kat Döşemelerinde Meydana Gelen Düzlem İçi Eksenel Kuvvetlerin Karşılaştırılması

Deprem etkileri altına binaların döşemelerinde iç kuvvetler oluşmaktadır. İncelemelerde B ve C aksları arasında bulunan döşemeler kullanılmıştır. Döşemeler aks numaralarına göre isimlendirilmiştir. Tüm binaların deprem etkileri altında döşemelerinde oluşan iç kuvvetler şekillerle gösterilmiştir. Döşemelere etkiyen normal kuvvetlerin birimi kN/m, momentlerin birimi ise kNm/m'dir. Binaların dilatasyon bölgelerinde bulunan döşemelerinde oluşan düzlem içi eksenel kuvvetler X doğrultusu için Şekil 5.20, Y doğrultusu için Şekil 5.21'de gösterilmiştir.



Şekil 5.20: X doğrultusunda düzlem içi eksenel kuvvetler (kN).



Şekil 5.21: Y doğrultusunda düzlem içi eksenel kuvvetler (kN).

Döşemelerde düzlem içi eksenel kuvvetler incelendiğinde tüm binalar için çok düşük değerler elde edilmektedir. Elde edilen bu değerler kendi içerisinde kıyaslandığında en düşük değerlerin çift kolon binasında elde edildiği görülmüştür.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

A3 planda çıkıntılar bulunması düzensizliği hakkında yapılan bu çalışmada; A3 türü düzensizliği bulunan ve temel bina adı verilen 10 katlı, kirişli çerçeve sisteme sahip bir yapı tasarlanmıştır. Bu yapıda bulunan düzensizliği gidermek amacıyla farklı dilatasyon yöntemleri uygulanmıştır. Bu dilatasyon yöntemleri, çift kolon yöntemi, gerber kirişi yöntemi, konsol kiriş yöntemi ve guseli kiriş yöntemidir. Bu yöntemler temel binaya uygulanmış ve yeni binalar elde edilmiştir. Çift kolon yöntemi uygulanan bina çift kolon binası, gerber kirişi yöntemi uygulanan bina gerber kirişi binası, konsol kiriş yöntemi uygulanan bina konsol kiriş binası ve guseli kiriş yöntemi uygulanan bina guseli kiriş binası olarak adlandırılmıştır. Çift kolon binası ve konsol kiriş binası birbirinden bağımsız üç farklı yapıdan oluşmaktadır. Bu yapılar çift kolon A1, 2 adet çift kolon A2, konsol kiriş A1 ve 2 adet konsol kiriş A2 yapılarıdır. Tüm binalar için bina periyotları, görelî kat ötelemeleri, toplam kat ötelemeleri, burulma düzensizlikleri, komşu katlar arası rijitlik düzensizlikleri, ikinci mertebe etkileri, kolonlarda oluşan iç kuvvetler ve döşemelerde oluşan iç kuvvetler elde edilmiş ve dilatasyon yöntemleri bu veriler ışığında birbiri ile kıyaslanmıştır.

Bu çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar kısaca özetlenmiştir.

Binaların X doğrultusunda periyotları incelendiğinde en düşük periyot değerinin çift kolon A2 ve konsol kiriş A2 binasına ait olduğu görülmektedir. En yüksek periyot değeri ise çift kolon A1 ve konsol kiriş A1 binasında görülmektedir. Bunun sebebi çift kolon ve konsol kiriş yöntemi sonucunda temel binanın iki ayrı yapı oluşturmasıdır. A1 binaları X doğrultusunda daha sünek yapı performansı sergilerken A2 binaları ise daha rijit bir yapı sergilemektedir. Guseli kolon ve gerber kirişi binaları da temel binaya ve A2 binalarına göre daha yüksek, A1 binalarına göre ise daha düşük periyot değerlerine sahiptir. Bunun sebebi; Temel binaya Y doğrultusunda dilatasyon uygulandığı için, X doğrultusunda temel binaya göre daha sünek olmaları ama tam bağımsız yapılar oluşturmadıkları için de A1 binalarına göre göre daha rijit olmalarıdır. Y doğrultusunda bina periyotları incelendiğinde en düşük periyot değerinin çift kolon A1 binasında daha sonra ise konsol kiriş A1 binasında olduğu

görülmektedir. Konsol kiriş A1 binasının periyot değerinin çift kolon A1 binasına göre daha yüksek olmasının sebebi yapıda konsolların bulunmasıdır. Konsollar yapı rijitliğini azaltmaktadır. En yüksek periyot değerlerinin ise çift kolon A2 ve konsol kiriş A2 binasında olduğu görülmektedir.

Binaların görelî kat ötelemeleri incelendiğinde periyot değerleri ile paralellik görülmektedir. X doğrultusunda en sünek yapı olan konsol kiriş A1 binası en yüksek görelî kat ötelemesi değerlerini verirken en rijit yapı olan çift kolon A2 binası ise en düşük öteleme değerlerini vermektedir. Y doğrultusunda ise yine periyot değerlerine paralel olarak, en yüksek öteleme konsol kiriş A2 binasında görülürken en düşük öteleme ise çift kolon A1 binasında görülmektedir.

Binaların toplam kat ötelemeleri incelendiğinde hem periyot değerlerine hem de görelî kat ötelemelerine paralel bir durum görülmektedir. Binaların rijitliği azaldıkça en üst kattaki maksimum yer değiştirme değeri artmaktadır.

A1 burulma düzensizliği tanım olarak bir kattaki maksimum yer değiştirmenin o kattaki ortalama yer değiştirme miktarına oranını ifade etmektedir. Bu sebeple en fazla yer değiştirmeye sahip yapılarda en fazla düzensizlik gözlemlenmiştir. X doğrultusunda en düzensiz yapılar çift kolon A1 ve konsol kiriş A1 binaları olurken Y doğrultusunda ise gerber kirişi ve guseli kiriş binalarıdır.

Binaların B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği değerleri incelendiğinde birbirine çok yakın değerler elde edildiği görülmektedir. Bunun sebebi binaların tümünün taşıyıcı sisteminin, kolon, kiriş ve döşeme boyutlarının aynı olmasıdır.

Bu kısma kadar yapılan incelemeler sonucunda çift kolon ve konsol kiriş yöntemi diğer yöntemlere göre daha iyi sonuç vermiştir.

Binalarda oluşabilecek ikinci mertebe etkileri incelendiğinde hem X hem de Y doğrultusunda en yüksek değerlerin konsol kiriş binasında elde edildiği görülmektedir. Bunun sebebi hem konsol kiriş A1 hem de A2 binasında konsolların bulunmasıdır. Konsollar kolonlara gelen düşey kuvvetlerin kolon merkezinden uzaklaşmasına sebep olmaktadır.

Binaların birinci katının dilatasyon bölgesinde, C aksında, bulunan kolonlarına etkiyen eksenel yükler incelendiğinde çift kolon binasının az eksenel yüke maruz kalırken diğer 4 bina neredeyse aynı eksenel yük değerlerine maruz kalmaktadır. Bunun sebebi

Çift kolon binasının ekstra kolonlar eklenerek düzenli bir yapıya dönüştürülmesidir. Bu sayede kolonlar yükleri eşit bir şekilde paylaşabilmektedirler.

Binaların birinci katının dilatasyon bölgesinde, C aksında, bulunan kolonlarına etkiyen kesme kuvvetleri, eğilme momentleri ve burulma momentleri incelendiğinde hem X doğrultusunda hem de Y doğrultusunda en düşük değerler çift kolon binası için elde edilmiştir.

Binaların taban kesme kuvvetleri incelendiğinde, çift kolon ve konsol kiriş binasının taban kesme kuvvetinin diğer binalara göre çok düşük olduğu görülmektedir. Çift kolon ve konsol kiriş binası 3 farklı yapıdan oluşmaktadır. Bu yapıların taban kesme kuvvetleri toplandığında diğer binalara yakın değerler elde edilmektedir. Sonuç olarak bütün binaların taban kesme kuvvetleri birbirine yakındır.

Binaların birinci katında B ve C aksları arasında bulunan döşemelerine etkiyen düzlem içi aksenal kuvvetler incelendiğinde bütün binalar için düşük değerler elde edilmiştir. Dilatasyon yöntemleri arasında ise en düşük değerler çift kolon yöntemi sonucu oluşan çift kolon binasında görülmektedir.

Dilatasyon yöntemleri için elde edilen bütün veriler kıyaslandığında en verimli sonucu çift kolon yöntemi vermektedir.

Uygulanabilirlik, tasarlanabilirlik, kullanılabilirlik ve verimlilik açısından çift kolon yöntemi önerilmektedir.



KAYNAKÇA

- ATC.** (1978). *Tentative provisions for the development of seismic regulations for buildings (ATC 3-06)*, Applied Technology council, Structural Engineers association of California, US department of commerce, Washington D.C.
- Divyashree, M., & Siddappa, G.** (2014). Seismic Behavior of RC Buildings with Re-entrant Corners and Strengthening. In *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering* (Vol. 63).
- Elnashai, A. S., & Di Sarno, Luigi.** (2008). *Fundamentals of earthquake engineering*. Wiley.
- ETABS** (Version 2019.1.0) [Computer Software]. Extended Three-Dimensional Analysis of Building System, Computer and Structures Inc., Berkeley, California.
- Nugroho, F.** (2016). Building Performance Evaluation of A.N.S Hotel Building Plan with and Without Dilatation in Earthquake Prone Areas. *Proceeding of the First International Conference on Technology, Innovation and Society*, 394–402.
- Rahim, S., & Thomas, N. A.** (2020). Performance of Different Dilatation Methods to Reduce the Effect of Seismic Loads. *International Research Journal of Engineering and Technology*.
- TBDY.** (2018). *Türkiye bina deprem yönetmeliği*, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara, Türkiye.
- TS498.** (1987). *Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- Url-1** <<https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml>>, 10.08.2022



ÖZGEÇMİŞ

Ad, Soyad : Emin Gazi KAŞIKÇI

EĞİTİM

- **Lisans** : 2019, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği
- **Yüksek Lisans** : 2023, İstanbul Teknik Üniversitesi, Yapı Mühendisliği Anabilim Dalı, Yapı Mühendisliği